Suess

4° Geo. U.
106
(1, a

<36635333790013
<36635333790013
Bayer. Staatsbibliothek

Geo. U. 106 in 4°

Suess

DAS

ANTLITZ DER ERDE.

VON

EDUARD SUESS.

MIT ABBILDUNGEN UND KARTENSKIZZEN.

ERSTE ABTHEILUNG.

PRAG: F. TEMPSKY. 1883. LEIPZIG: G. FREYTAG.

20/6 83

440 D

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

DAS

ANTLITZ DER ERDE.

VON

EDUARD SUESS.

MIT 48 TEXT-ABBILDUNGEN, 2 VOLLBILDERN UND 4 KARTEN IN FARBENDRUCK.

ERSTER BAND. I. Abt.

PRAG: F. TEMPSKY. 1885. LEIPZIG: G. FREYTAG.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Das Recht der Uebersetzung vorbehalten.

INHALT DES ERSTEN BANDES.

Seite

Einleitung. Keilförmige Umrisse der Festländer. — Grosse Tiefe der Oceane. — Verschiedenheit des pacifischen und des atlantischen Gebietes. — Einbrüche. — Was ist eine geologische Formation? — Cyclen der Entwicklung. — Allgemeine Anwendbarkeit der stratigraphischen Terminologie Europa's. — Grösse der Transgressionen. — Selbständigkeit alter Strandlinien vom Gebirgsbaue. — Inhalt der folgenden Theile 1

Erster Theil. Die Bewegungen in dem äusseren Felsgerüste der Erde.

Erster Abschnitt. Die Sintfluth. Meeresfluthen. — Zwei Berichte in der biblischen Darstellung vereint. — Berosus. — Das Izdubar-Epos. — Oertlichkeit. — Verwendung von Asphalt. — Warnungen. — Die Katastrophe. — Strandung. — Abschluss des Ereignisses. — Neuere Vorgänge an ostindischen Flüssen. — Indus. — Ran of Kachh. — Ganges und Brahmaputra. — Wirbelstürme. — Wesen und Verbreitung der Sintfluth. — Eintheilung der Berichte. — Berosus und Izdubar-Epos. — Biblische Berichte. — Aegypten. — Hellenisch-syrische Gruppe. — Indien. — China. — Schluss 25

Zweiter Abschnitt. Einzelne Schüttergebiete. Verschiedene Richtungen der Untersuchung. — Die nordöstlichen Alpen. — Das südliche Italien. — Das Festland von Central-Amerika. — Vermeintliche rhapsodische Erhebungen von Chile. — Aufprellen von Gegenständen. — Bewegung von submarinem Sediment. — Valparaiso, 1822. — Concepcion, 1835. — Valdivia, 1837. — Hebung des Landes nicht erwiesen . 99

Dritter Abschnitt. Dislocationen. Zerlegung der Spannungen. — Dislocation durch tangentiale Bewegung. — Faltung. — Schuppenstructur. — Ueberschiebungs- oder Wechselflächen. — Verschiebungs- oder Blattflächen. — Torsion. — Dislocation durch radiale Bewegung. — Einsinken auf weichender Grundlage. — Flexuren und Verwerfungen. — Sprungnetze. — Kesselbrüche. — Dislocation aus vereinigter radialer und tangentialer Bewegung. — Rückfaltung und Einklemmung. — Vorfaltung 142

Vierter Abschnitt. Vulcane. Denudationsreihe. — Vesuv und M. Nuovo. — M. Venda. — Laccolithen. Palandokän und Dary-dagh. — Whin Sill. — Die Hebriden. — Predazzo. — Die Spalte im Banat. — Syenitische Narbe von Brünn. — Elk Mountains und Harz. — Batholithen; Drammengranit; Vogesen; Erzgebirge. — Maculae. — Einsacken. — Die Reihe 190

Fünfter Abschnitt. Verschiedenartigkeit der Bewegungen. Versuche einer Eintheilung der Erdbeben. — Dislocations- und vulcanische Beben. — Blattbeben. — Wechselbeben. — Senkungsbeben. — Der Aetna 1780 und 1874 bis 1883. Verschiedenartigkeit vulcanischer Beben. — Die Denudationsreihe 227

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Zweiter Theil. Die Gebirge der Erde.

Seite

Erster Abschnitt. Das nördliche Vorland des Alpensystems. Die russische Tafel. — Die Sudeten. — Das fränkisch-schwäbische Senkungsfeld. — Ries und Höhgau. — Die Horste. — Quarzgänge in denselben. — Die zackigen Theile der Umrisse. — Sudetische Spuren. — Beziehungen des Alpensystems zu seinem Vorlande 239

Zweiter Abschnitt. Die Leitlinien des Alpensystems. Der Nordrand der Alpen und der Karpathen. — Oertliche Vorschübe des Aussenrandes. — Umbeugung des Endes der Karpathen. — Umbeugung des westsiebenbürgischen Gebirges. — Umbeugung des Appennin. — Sicilien. — Nordafrikanisches Gebirge. — Gibraltar. — Die betische Cordillere. — Wirbelförmige Anordnung der Leitlinien . 285

Dritter Abschnitt. Die adriatische Senkung. Bedeutung des Adamello. — Die Judicarienlinie. — Astabrüche. — Zwischen Judicarien und dem Bruche von Schio. — Im Norden der Astabrüche. — Drau- und Gailbrüche. — Dinarische oder Karstbrüche. — Junge Erweiterung des adriatischen Meeres. — Uebersicht 311

Vierter Abschnitt. Das Mittelmeer. Fünf historische Phasen von ungleichem Werthe. — Beziehungen zu Amerika. — Der atlantische Ocean. — Guadalquivir, Gironde, Rhône. — Erste Mediterranstufe. — Der Schlier. — Zweite Mediterranstufe. — Das sarmatische Binnenmeer. — Die pontischen See'n. — Neuere Zeit. — Nordische Gäste. — Die letzten Einbrüche. — Uebersicht 360

Fünfter Abschnitt. Die grosse Wüstentafel. Sahara und Aegypten. — Süd-Arabien und Abessynien. — Sinai, Syrien und Nord-Arabien. — Suez und der Nil . 461

Sechster Abschnitt. Das gebrochene indische Festland. Südafrika. — Die ostindische Halbinsel. — Madagascar. — Uebersicht 500

Siebenter Abschnitt. Die indischen Schaarungen. Die iranischen Aussenketten. — Die Salzkette. — Die tertiären Ketten. — Der westliche Himalaya. — Mustagh und Kuen-lun. — Hindu Kush und Pámir. — Der östliche Himalaya. — Burmah, Malakka, Sumatra. — Uebersicht 544

Achter Abschnitt. Die Beziehungen der Alpen zu den asiatischen Gebirgen. Aufgabe dieses Abschnittes. — Tian-schan von J. Muschketoff. — Westliche Ausläufer des Tian-schan. — Nura-tau, Scheich-Djeli, Mangischlak, Kohlengebirge am Donetz. — Parapomisus, Chorassan, Kopet-dagh, Balchan, Kaukasus, Krim. — Matschin. — Balkan und Karpathen. — Alburs, Iranisch-Taurische Schaarung. — Dinarischer Zug. — Lösung der wirbelförmigen Anordnung der Alpen. — Ural, Pae-choi und Timan. — Uebersicht 597

Neunter Abschnitt. Südamerika. Die brasilische Masse. — Die argentinischen Ketten. — Die bolivischen und chilenischen Anden. — Die Küsten-Cordilleren und Patagonien. — Peru. — Ecuador, N. Granada und Venezuela. — Uebersicht 655

Zehnter Abschnitt. Die Antillen. Drei Inselreihen. — Cuba. — Haiti. — Jamaica. — Puerto Rico bis Barbados. — Die Cordillere der Antillen. — Vergleich mit der Umrahmung des westlichen Mittelmeeres. — Erdbeben 698

Eilfter Abschnitt. Nordamerika. Die Faltungen im Osten. — Prairieland und Black Hills. — Eintheilung der Gebirgszüge des Westens. — Rocky Mountains. — Uinta. — Wahsatch und Kettenzüge am Snake-River. — Colorado-Plateau. — Das Hochland von Utah und der grosse Cañon des Colorado. — Basin Ranges. — Sierra Nevada. — Die Küsten-Cordilleren und Nieder-Californien. — Der canadische Westen. — Uebersicht 713

Zwölfter Abschnitt. Die Continente. Alte und neue Welt. — Unhaltbarkeit dieser Ausdrücke. — Alter der Continente. — Amerika. — Trennung von Indo-Afrika und Eurasia. — Faltung von Eurasia. — Han-hai und die turkestanische Niederung. — Die Mittelmeere. — Der indische Ocean. — Die grossen Einheiten. — Mannigfaltigkeit der Gebirge. — Zusammenbruch der Lithosphäre 764

EINLEITUNG.

Keilförmige Umrisse der Festländer. — Grosse Tiefe der Oceane. — Verschiedenheit des pacifischen und des atlantischen Gebietes. — Einbrüche. — Was ist eine geologische Formation? — Cyclen der Entwicklung. — Allgemeine Anwendbarkeit der stratigraphischen Terminologie Europas. — Grösse der Transgressionen. — Selbständigkeit alter Strandlinien vom Gebirgsbaue. — Inhalt der folgenden Theile.

Könnte ein Beobachter, aus dem Himmelsraume unserem Planeten sich nähernd, die röthlichbraunen Wolkenzonen unserer Atmosphäre bei Seite schieben und die Oberfläche des Erdballes überblicken, wie sie, unter seinen Augen rotirend, sich im Laufe eines Tages ihm darbietet, so würde vor allen anderen Zügen der südwärts keilförmig sich verengende Umriss der Festländer ihn fesseln.

Dieses ist das auffallendste Merkmal unserer Erdkarte und ist wohl auch als solches bezeichnet worden, seitdem man diese Karte kennt. Diese keilförmige Gestalt wiederholt sich in den verschiedensten Breiten. Cap Horn, das Cap der guten Hoffnung, Cap Comorin in Ostindien, Cap Farewell in Grönland sind allbekannte Beispiele.

Es ist der Versuch gemacht worden, diese Umrisse durch eine heute angeblich vorhandene grössere Anhäufung von Wasser gegen den Südpol zu erklären. Diese Vorgebirge tauchen aber nicht allmälig unter das Meer, sondern sie sind felsig und ihre Abhänge fallen in den meisten Fällen schroff in grosse Tiefen hinab. Eine gleiche Anhäufung des Wassers gegen den Nordpol würde ähnliche keilförmige Umrisse nicht erzeugen.

Diese Umrisse sind daher in der Structur der äusseren Theile des Planeten selbst bedingt. —

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Hierüber würde demselben Beobachter nicht der geringste Zweifel bleiben, wenn er, so wie er die Wolkenzonen der Atmosphäre bei Seite schob, nun auch die Meere zu entfernen und das Felsgerüste des Erdballes in seiner Nacktheit zu überblicken im Stande wäre. Die ausserordentliche Tiefe der Meeresbecken in ihrem Gegensatze zu der geringen Höhe der Festländer und der steile Abfall eines grossen Theiles der Küsten würden ihm dann vor die Augen treten.

Schon Alexander von Humboldt verglich die Continente treffend mit ‚Plateaux', welche aus den grossen Tiefen aufragen.

Carpenter schätzt die mittlere Höhe der Festländer rund im höchsten Falle auf 1000 Fuss, die mittlere Tiefe der Meere auf 13.000 Fuss.[1]

Krümmel veranschlagt, auf Leipoldt gestützt, die mittlere Höhe der Festländer auf 440 M., die mittlere Tiefe der Meere auf 3438·4 M. (1880 Faden). Nach Krümmel's Angaben würde bei Ausgleichung aller Unebenheiten die ganze Oberfläche des Planeten von einer Meerestiefe von 0·339 Meilen = 2·52 Km. = 1375 Faden überdeckt sein.[2]

Das mittlere Maass der vorhandenen Unebenheiten, welches sich aus der Summe der mittleren Höhe der Continente und der mittleren Tiefe der Meere ergibt, würde daher nach Carpenter 14.000 Fuss, nach Krümmel 3878·4 M. betragen. Aber jener Beobachter des entblössten Erdballes würde einen noch grösseren Contrast der Tiefen und Höhen sehen, denn bei Ermittlung dieser Ziffern ist ein Umstand ausser Betracht geblieben, welcher einen guten Theil der Steilheit der Küsten und des Gegensatzes von Land und Meer verhüllt, nämlich die Attraction, welche von den Festländern auf die Masse der Meere ausgeübt wird.

Man pflegt von der Voraussetzung auszugehen, dass die Meeresfläche allenthalben gleich hoch, d. i. dass jeder Theil derselben und folglich auch jeder Theil der Strandlinie gleich weit von dem Mittelpunkte der Erde entfernt sei. Diese Voraussetzung ist, obwohl auf derselben ein so grosser Theil unserer geodätischen Arbeiten beruht, eine unhaltbare. Nach den älteren Arbeiten von Saigey und Stokes, insbesondere aber nach den neueren Untersuchungen Fischer's und der klaren Darstellung der Sachlage,

welche Hann geliefert hat, muss es als erwiesen gelten, dass die Massen der Continente eine beträchtliche Anziehung auf die Meere ausüben, und dass folglich die Oberfläche der Meere gegen die Continente hin ansteigt.[3]

Führt man also einen Schnitt in der Ebene eines Parallelkreises quer über einen der grossen Oceane, so wird sich ergeben, dass die Mitte des Oceans dem Mittelpunkte der Erde näher liegt als die beiden Strandlinien. Der Unterschied der Höhen in Metern stellt sich nach Fischer annähernd gleich 122 mal dem Unterschiede der Anzahl der täglichen Pendelschwingungen. Dies gäbe bei einem Unterschiede von z. B. neun Schwingungen auf einer oceanischen Insel im Vergleiche zur Küste eine thatsächliche Höhendifferenz von etwa 1100 M. oder 3380 Pariser Fuss. Die Küsten der Festländer und diese selbst erscheinen dem Auge daher viel zu niedrig; dieses Anschmiegen des Meeres verhüllt einen grossen Theil des Gegensatzes, welcher thatsächlich zwischen Continent und Ocean besteht.[4]

Die Bedeutung dieses Umstandes tritt hervor, wenn man annimmt, dass diese Attraction aufhöre. Der jetzt an den Rändern der Continente aufsteigende Theil der Meere würde zurücksinken, ein grosser Theil der tiefer in die Continente eingreifenden Buchten würde gänzlich trockengelegt, die Continente würden etwas an Umfang und viel an Höhe und Zusammenhang gewinnen. Aber während die Festländer hervortreten, würden zugleich die Meere an Tiefe zunehmen, und die gleichförmige Ausbreitung der bisher von den Continenten festgehaltenen Meerestheile würde vielleicht hinreichen, um eine Anzahl flacher oceanischer Inseln dauernd zu überfluthen.

Die Lothungen, welche von der Küste gegen das offene Meer hinaus vorgenommen werden, sind demnach nicht auf einen horizontalen, sondern auf einen concaven Wasserspiegel zu beziehen, wodurch sich die Profillinie des Untergrundes wesentlich verändert.

Carpenter schätzt, wie gesagt, die mittlere Höhe der Festländer auf höchstens 1000 Fuss, Krümmel auf 440 M.; das Beispiel, welches für das Ausmass der Attractionswirkung angeführt wurde, ergab 1100 M. für das Ansteigen des Oceans, also weit mehr als das Doppelte, ja fast das Dreifache der höheren Schätzung

der mittleren Höhe der Festländer. Wenn nun auch diese Ziffer eine ausnahmsweise sein und der mittlere Ertrag der Attraction auf weniger als die Hälfte derselben herabsinken mag, was zu beurtheilen mir allerdings die Anhaltspunkte fehlen, so bleibt immer noch Ursache zu einer weitgehenden Correctur der bisherigen Anschauungen.

Sucht man ferner die Entfernung der mittleren Höhenlinie der Festländer von der mittleren Tiefenlinie der Meere, also das mittlere Ausmass der Verschiedenheiten des Reliefs zu ermitteln, so genügt es nicht, die beiden Ziffern Krümmel's 440 M. + 3438·4 M. = 3878·4 M. zu addiren, wie oben geschehen ist. Es kömmt hiezu noch eine Ziffer für das Ausmass der Attraction zu fügen, welche diese Summe beträchtlich, und zwar jedenfalls weit über 4000 M. erhöhen muss. Dies erst wäre das mittlere Maass jener Unebenheiten, welche sich jenem Beobachter zeigen würden.

Eine lange Reihe der schwierigsten Fragen tritt uns aus dieser ersten Betrachtung der grossen Züge der Erdoberfläche entgegen.

Wie mögen diese grossen Tiefen des Meeres entstanden sein?

Unter dem Eindrucke des ausserordentlichen Ausmasses derselben und unter der Ueberzeugung, dass die älteren Ansichten über Erhebung und Senkung des Landes durchaus nicht hinreichen, um so gewaltige und ausgedehnte Verschiedenheiten des Reliefs zu erzeugen, hat die Ansicht Wurzel gefasst, dass die oft erwähnten Veränderungen in der Vertheilung von Ocean und Festland denn doch nur innerhalb gewisser, nicht allzuweiter Grenzen nachweisbar und überhaupt denkbar seien, und dass von jeher die Lage der grossen Festländer und der grossen Meeresbecken in der Wesenheit unverändert geblieben sei.[5]

In der That möchte es wohl scheinen, als ob die Ueberfluthungen unserer heutigen Continente in früheren Zeiten, d. i. seit dem Abschlusse der unteren Silurablagerungen, kaum weiter gediehen seien als bis zu einem verhältnissmässig geringen Bruchtheile der mittleren Tiefe der heutigen Meere. Murray hat in grosser Ausführlichkeit und in überzeugender Weise nachgewiesen, dass die Sedimente der grossen Tiefen nur organischen, oder vulcanischen, oder meteorischen Ursprunges sind. Jede Beimengung einer der trockenen Erdoberfläche entnommenen Einschlämmung

bleibt ihnen fremd, und sie sind folglich verschieden von der übergrossen Masse jener Meeresablagerungen, welche in unseren Gebirgen und Ebenen angetroffen werden, und deren Analoga man heute in geringerer Entfernung und in mässiger Tiefe vorfindet. [6]

Die häufigen Einschaltungen von Süsswasserbildungen in den späteren Zeitabschnitten, sowie der in diesen Zeiten sich geltend machende vicarirende Charakter der einander folgenden Landfaunen, in welchem sich die Continuität des Lebens auf dem trockenen Lande so deutlich ausprägt, können als eine Bekräftigung dieser Meinung für die jüngeren Perioden angesehen werden.

Auf der anderen Seite ist aber die Mächtigkeit der Meeresablagerungen, welche an dem Aufbaue der Continente theilnehmen, zuweilen so ausserordentlich gross, dass es schwer wird, den Mangel abyssischer Merkmale zu erklären, und nicht nur die Einverleibung so beträchtlicher Massen von Sediment in die Continente, sondern auch die Frage nach jenen Festländern, durch deren Abschwemmung diese mächtigen Massen erzeugt wurden, bleibt ein Räthsel. Ich erinnere an die Tausende von Fussen triadischen und rhätischen Kalksteins in den Alpen und die Mächtigkeit des so viel jüngeren Flysch, um von der grossen Entwicklung paläozoischer Ablagerungen in England nicht zu sprechen. Nach einer Messung von Ashburton beträgt die Summe der Mächtigkeiten auf einer Profillinie in Central-Pennsylvanien von dem Niveau der Alleghany-River-Coal-Series bis zum Trenton-Limestone, also noch ohne die tieferen Glieder des Silur, 18.394 Fuss.[7] 5790 m!

Es wäre nicht eben schwer, eine gute Anzahl von Gegenden zu ermitteln, in welchen die Summe der Mächtigkeit der vorhandenen Meeressedimente ebenso gross ist, als die ganze beiläufige mittlere Tiefe der heutigen Meere, also etwa 4000 bis 5000 M., erreicht. Wie tief muss aber nach den herrschenden Voraussetzungen die Senkung eines Landstriches einst gewesen sein, wenn nicht etwa seine Meeresbedeckung, sondern wenn sogar die Sedimente eine solche Mächtigkeit erreichten?

Der ausserordentliche Antheil, welchen paläozoische Sedimente an dem Aufbaue der Festländer, z. B. in China, nehmen, ist ein untrügliches Zeichen für das grosse Maass des eingetretenen Wechsels. Die hohen Sockel, auf welchen unsere Continente

liegen, mögen also sehr alt sein, sie mögen zum grossen Theile weit in die mesozoische Zeit zurückreichen, aber für die paläozoische Periode könnte man der Voraussetzung allgemein persistirender Festländer nicht zustimmen, und jener Theil der continentalen Ränder, welcher quer über das Streichen junger Kettengebirge gebrochen ist, hat sicher nur ein gar geringes Alter.

Es handelt sich also bei Betrachtung der keilförmigen Gestalt der Festlandsmassen nicht um etwas seit der Bildung des Erdkörpers unverändert Gegebenes, sondern es wird sich jeder Versuch, die Bewegungen und die Formveränderungen der Erdrinde zu verstehen, mit diesen grössten Merkmalen der planetarischen Oberfläche zu beschäftigen haben. —

Denken wir uns nun weiter, dass derselbe Beobachter dem Erdballe sich so weit genähert habe, dass er nicht nur den Umriss und die Steilheit, sondern auch die Beziehungen der Umrisse der Continente zu den Gebirgen auf denselben wahrzunehmen im Stande sei. Nun wird er erkennen, dass auf diesem Planeten sich zwei Gebiete unterscheiden lassen, in welchen die Grenzen der Meeresbecken in einem wesentlich verschiedenen Grade von Abhängigkeit stehen von den Gebirgsketten der Festländer.

Von Chittagong am nördlichen Ende der Bucht von Bengalen bis Java und entlang der asiatischen Küste des pacifischen Oceans durch Japan und die Kurilen und dann ostwärts durch die Aleuten bis Aljaska zeigen sich auf dem Festlande selbst oder auf langen vorliegenden Inselreihen mehr oder minder zusammenhängende Linien von Gebirgsketten, deren Streichen entweder der Küste parallel oder gegen dieselbe concav ist, so dass die Inseln wie ebensoviele hängende Blumenkränze das Festland umgeben und dass bestimmte Beziehungen zwischen der Umgrenzung des Festlandes und seiner Structur nicht zu läugnen sind.

In ebenso unverkennbarer Weise tritt der Zusammenhang des Verlaufes der Küste mit dem Streichen der Gebirgsketten an der amerikanischen Westküste bis Californien hinab und durch ganz Südamerika hervor.

Vom Ganges bis zum Cap Horn ist also eine Wechselbeziehung dieser Art die Regel; dieses ist der pacifische Typus.

Begeben wir uns an die Ostseite von Cap Horn, so zeigt sich sofort eine geänderte Sachlage. Die Gebirge streichen gegen Staten Island hinaus und Cap Horn selbst folgt noch der pacifischen Regel. Aber für die ganze patagonische, für die brasilische, ja für die ganze ostamerikanische Küstenlinie bis Grönland hinauf, mit Ausnahme der Antillen-Region, gilt diese Regel nicht. Wo ein Gebirge in der Nähe des Meeres liegt, wie die Appalachien, ist es abgewendet vom Meere; es ist weithin gar kein ursachlicher Zusammenhang zwischen der Küstenlinie und der Structur des Continentes sichtbar. So ist es auch auf der ganzen Westküste der alten Welt, mit Ausnahme eines Theiles der westlichen Pyrenäen. Schottland, die Bretagne, Portugal bieten auffallende Beispiele von quer die Structur durchschneidenden Küstenlinien, und namentlich im nördlichen Schottland kann man deutlich erkennen, wie die grossen, nach Nordost streichenden Verwerfungen, welche das ganze Land durchqueren, gegen das Meer auslaufen, während das Ufer mit zackigem Umrisse zwischen diesen Verwerfungen eingebrochen ist.[8]

Diese Unabhängigkeit des Verlaufes der Meeresküste von jener der Gebirgsketten ist bezeichnend für die atlantische Region.

Der heutige Umriss der Bedeckung des Planeten mit Wasser fällt also in dem grössten Theile des pacifischen Gebietes mit leicht erkennbaren Zügen der Structur des Erdballs zusammen, während für das atlantische Gebiet eine solche Uebereinstimmung nicht sichtbar ist. Sobald man aber versucht, diese Unterscheidung auf den indischen Ocean anzuwenden, zeigt es sich, dass wohl die ganze Ostseite Afrikas, die arabische Küste und jene der ganzen indischen Halbinsel bis zum Ganges ähnlich gebaut sind wie die atlantischen Umrisse, und dass dasselbe weit im Südosten für die australischen Küsten gilt, dass aber zwischen diesen von Chittagong bis über Java hin, wie schon gesagt wurde, der pacifische Bau hervortritt. Man muss nun auf dem Festlande die Grenzen beider Gebiete finden. Diese Grenze verläuft aus dem bengalischen Tieflande nach den äusseren Ketten des Himalaya gegen Nordwest, folgt dann vom Punjab dem Indus bis zu seinen Mündungen, ferner dem persischen Meerbusen und dem Unterlaufe

des Euphrat und findet, wie sich später zeigen wird, unter gar verwickelten Verhältnissen ihre Fortsetzung vom Meerbusen von Gabes durch Marocco bis zur atlantischen Küste Afrikas. Auf diese Art werden die drei grossen, nach atlantischem Typus umgrenzten Massen von Afrika, der indischen Halbinsel und Australien südwärts abgeschieden.

Die mächtigsten Gebirgsketten der Erde sind nur untergeordnete Glieder sehr grosser Structurerscheinungen, welche den ganzen Erdball beherrschen. Man mag die Schichtstellung und den Bau eines Gebirges im Einzelnen beobachten und beschreiben, aber man vermag nicht eine Erklärung für dieselben zu geben, ohne die Beziehungen dieses Gebirges zu der Vertheilung der Gebirgsketten überhaupt im Auge zu halten. —

Lassen wir nun denselben Beobachter zur näheren Betrachtung der Schichtstellung in den einzelnen Gebirgsketten seinen Fuss auf den grünen Rasen unserer Erde setzen. Er wandert über Berg und Thal, aber er sieht nur gar wenig von den gewaltigen Bewegungen, an welchen viele Theile der Erdoberfläche theilgenommen haben. Die Höhen sind abgewittert und abgewaschen, die Niederungen verschlämmt und versandet. Grosse Gebirgszüge sind niedergehobelt zu Hügelland oder gar zu Platten, Bruchflächen, an welchen sich Verschiebungen von Gebirgsschollen gegen einander im Ausmasse von vielen Tausenden von Fussen vollzogen haben, sind dem Auge so vollständig entzogen, dass sie nur zufällig durch unterirdische Arbeiten überhaupt bekannt werden.

Die Verwerfung im Tunnel von Fuveau bei Marseille, welche etwa 1200 M. beträgt und den Muschelkalk mit viel jüngeren Schichten in Berührung bringt, ist zu Tage gar nicht bekannt gewesen. [9]

Die Brüder Rogers nehmen in den Kohlenfeldern Virginiens Versenkungen von Schichten bis zum Ausmasse von 7000—8000 Fuss an, [10] und nach Lesley ist in diesem Gebiete die Westseite der Anticlinale ‚Cove Canoe‘ durch einen 20 (engl.) Meilen langen Bruch abgetrennt und um wenigstens 20.000 Fuss hinabgesenkt. [11]

Man versuche aber nur in irgend einem genauer bekannten Gebiete die Wirkungen der Denudation im Geiste zu entfernen, und

es bauen sich gar oftmals Gebirge auf, von Höhen, die allerdings vielleicht niemals wirklich bestanden haben, da die Denudation in ihrer Wirkung stetig die Gebirgsbildung selbst begleitet haben mag, deren Dimensionen aber nichtsdestoweniger uns das wahre Ausmass der vorgekommenen Verticalbewegungen geben. Man denke sich anstatt der kleinen Lappen von Rothliegend und Kreide, welche das hohe Alter der Denudation verrathen, auf die Höhe des Erzgebirges jenen ganzen Mantel von paläozoischen Bildungen von Sachsen her fortgeführt, welcher heute gefaltet sich nur an den Nordsaum des Gebirges lagert. Man führe auf die älteren Felsarten unserer Alpen nur einen Theil der mesozoischen Nebenzonen herauf, und wie ausserordentlich ändert sich sofort das Bild unserer Gebirge! So kommt es, dass Clar. King, von Ost her die angelagerten paläozoischen Schichten fortsetzend bis auf den Kamm des Bruches, auf welchem am grossen Salzsee der westliche Theil des Wahsatch absinkt, für das Maass dieses Absinkens mindestens 30.000 Fuss und mit Hinzufügung der Kreideformation 40.000 Fuss annimmt.[12] Dies ist die grosse Bedeutung jener Stereogramme, welche Powell nach Gilbert's Vorschlag von den Uinta-Mountains entwarf, und aus denen erst das wahre Ausmass der Einsenkung deutlich vor das Auge gebracht wird.[13]

Es wird sich aber Gelegenheit finden, zu zeigen, dass die Erdrinde nicht etwa nur von einzelnen Brüchen dieser Art durchsetzt ist, sondern dass ausgedehnte Gebiete an Systemen von Brüchen zur Tiefe gesunken sind. —

Wir wollen auch diese Reihe von Erfahrungen verlassen und wollen denselben Beobachter, nachdem er unter den Wolkengürteln die keilförmigen Umrisse der Festländer, dann unter dem Meere die grosse Tiefe der oceanischen Becken, dann die Verschiedenheit der pacifischen und der atlantischen Seite, endlich die weitgehende Verhüllung der grossen Brüche erkannt hat, nunmehr aus den Bergen hinabführen in unsere Schulen. Aus einem Wanderer wird er ein Zuhörer. Die Grundzüge des erhabenen Wissensgebietes der Erdgeschichte werden ihm dargelegt. Er hört von den wunderbaren Erweiterungen der menschlichen Kenntnisse, welche durch die Untersuchung der Spectra der Himmelskörper herbeigeführt wurden, dann von den verschiedenen Phasen der

Erkaltung, in welchen sich heute die einzelnen Himmelskörper befinden, von den Folgerungen, welche sich hieraus für die Bildung unseres Sonnensystems und für jenen langen ersten Theil des Bestandes unseres Planeten ergeben, während dessen die Bedingungen für organisches Leben noch nicht vorhanden waren; dann hört er, dass in der Folge Wasser, Luft und Leben entstanden sind, und dass man den letzten, seither abgelaufenen Zeitraum abtheilt in geologische Formationen, in Epochen, Perioden und Stufen.

Ist der Hörer nun einmal so weit gekommen, ist er an der Pforte der stratigraphischen Geologie und zugleich an jener der Geschichte des Lebens angelangt, so sieht er sich umdrängt von einer kaum zu beherrschenden Menge von Einzelheiten über die Verbreitung, die Lagerung, die Gesteinsbeschaffenheit, die technische Benützbarkeit und die organischen Reste jeder einzelnen Unterabtheilung. Er hält inne und frägt: Was ist denn eigentlich eine solche geologische Formation? welche Umstände bedingen ihren Anfang und ihr Ende? wie ist es denn zu erklären, dass gleich die erste derselben, die silurische Formation, in so entlegenen Theilen der Erde, vom Ladoga-See bis zu den argentinischen Anden und vom arktischen Amerika bis Australien in so deutlich wiederkehrenden Merkmalen sich wiederholt, und wie kommt es, dass die Gleichstellung bestimmter Horizonte aus verschiedenen Zeitaltern und ihre Unterscheidung von anderen Horizonten über so weite Flächen durchgeführt werden kann, ja dass thatsächlich sich diese stratigraphischen Abgrenzungen über den ganzen Erdball erstrecken?

Diese Frage ist gewiss naheliegend und berechtigt, aber wenn wir alle die hervorragendsten Meister unserer Wissenschaft heute zu einem glänzenden Tribunale vereinigen, und diesem die Frage des Schülers vorlegen könnten, ich zweifle, dass die Antwort eine einstimmige, ja ich weiss nicht, ob sie überhaupt eine bestimmte sein würde. Gewiss ist, dass sie im Laufe der letzten Jahrzehnte nicht immer gleich gelautet hätte.

Blicken wir in die Jahre 1849—1859 zurück. Die Lehre von der wiederholten Erschaffung neuer Bevölkerungen herrscht allenthalben. Jeder grössere Abschnitt bedeutet einen Schöpfungsact.

Dabei fehlt es aber nicht an weitgehenden Meinungsverschiedenheiten über den Anstoss zum Untergange einer Fauna. In Belgien und Frankreich entstehen lebhafte Discussionen über diese Frage. Am häufigsten begegnet man der Voraussetzung, dass die Erhebung der Gebirgsketten anzusehen sei als die Ursache dieser Kataklysmata, und man sucht nach einer Uebereinstimmung zwischen den Erfahrungen der Paläontologie und den Versuchen Beaumont's, eine geometrische Gesetzmässigkeit in der Vertheilung und eine geregelte Altersfolge der Gebirge nachzuweisen.

Dumont behauptet unter dem Widerspruche Koninck's, die heutigen zonenförmigen Verschiedenheiten der Klimate seien von jeher vorhanden gewesen, Faunen wie die silurische, devonische und Carbon-Fauna möchten leicht zugleich, doch in verschiedenen Breiten gelebt haben und seien nacheinander allmälig von den Polen zum Aequator vorgedrungen. Dabei läugnet Dumont keineswegs die Richtigkeit und den Werth der Beaumont'schen Anschauungen; er betrachtet aber neben den angeblich raschen Erhebungen der Gebirge die langsamen Bewegungen der Erdrinde, das Vordringen oder Zurückweichen gewisser Ablagerungen auf grossen Strecken, und benützt diese zur Feststellung von Unterabtheilungen der Tertiärformation. Man könnte sagen, dass Dumont strebt, neben den Discordanzen auch die Transgressionen zur Geltung zu bringen.[14]

Barrande untersucht, bis zu welchem Grade die Gebirgserhebungen als örtliche Erscheinungen aufzufassen seien, hält sich an Beaumont's Angabe, dass jedes Gebirgssystem sich ausdehnen könne auf einen Kreisausschnitt, gelegen zwischen zwei grössten Kreisen mit der Aequatorialentfernung von 20 Grad, und erwartet erst von einem Vergleiche der von der Paläontologie erreichten chronologischen Tafel mit der Chronologie der Discordanzen weitere Erfolge.[15]

Bald spricht d'Archiac mit Bestimmtheit die volle ‚Unschädlichkeit' der grossen Dislocationen der Erdrinde gegenüber den Gesetzen der Lebensfolge aus,[16] und im Jahre 1859 zeigt Hébert die Ausdehnung der Süsswasserschichten, welche Jura und Kreideformation trennen, vom Juragebirge bis Hannover und England, und folgert aus derselben die Abhängigkeit dieser Vorkommnisse

von der Oscillation weiter Bodenflächen, nicht aber von den localen Erhebungen der Gebirge.[17]

Während in Frankreich die ältere Ansicht von dem wiederholten plötzlichen Untergange alles Lebens mehr und mehr zurückgedrängt wird, hat Edw. Forbes in England bereits gelehrt, wie man selbst innerhalb der heutigen Bevölkerung Europa's Elemente von verschiedenem Alter zu unterscheiden vermöge,[18] und Beyrich in Norddeutschland wesentlich auf Grund einer weithin nachgewiesenen Transgression die oligocäne Schichtgruppe der Tertiärformation umgrenzt.[19] Daneben haben sich aber immer noch die Spuren einer älteren, von Brocchi herrührenden Meinung erhalten, nach welcher den einzelnen Arten selbst eine Lebensdauer von vorneherein gesetzt sei, wie den Individuen, und es überhaupt eines äusseren Anlasses zu ihrem Untergange nicht bedürfe.[20]

Gegen das Jahr 1859 hin suchte die Mehrzahl der Forscher die Ursache der Verschiedenheit der Ablagerungen und der Faunen in langsamen und ausgebreiteten Schwankungen der Festländer und in wiederholten, vielleicht mit diesen Schwankungen zusammenhängenden klimatischen Veränderungen.

Da erschien Darwin's Buch über die Entstehung der Species. ‚Eben da der Process der Ausrottung,' sagt der Verfasser, ‚in ausserordentlichem Maassstabe sich vollzogen hat, muss die Zahl der vermittelnden Varietäten, welche früher die Erde bewohnten, wahrhaft ausserordentlich sein. Warum ist also nicht jede geologische Formation voll von solchen vermittelnden Gliedern? Gewiss enthüllt uns die Geologie nicht eine solche feingraduirte organische Kette, und dieses ist vielleicht die naheliegendste und ernsteste Einwendung, welche gegen meine Theorie erhoben werden kann. Die Erklärung liegt, wie ich meine, in der ausserordentlichen Unvollständigkeit der geologischen Ueberlieferung.'

An einer späteren Stelle äussert sich Darwin weiter: ‚Ich glaube, dass die Erde kürzlich einen dieser grossen Cyclen des Wechsels durchgemacht hat, und dass, von dieser Ansicht ausgehend, verbunden mit der Abänderung durch natürliche Auswahl, eine Menge von Thatsachen in der gegenwärtigen Vertheilung sowohl gleicher, als auch verwandter Lebensformen erklärt werden kann.'[21]

Diese Worte enthalten, obwohl sie sich nur auf die geographische Verbreitung der heutigen Lebensformen beziehen, dennoch das wesentliche Zugeständniss, dass die Entwicklung des Lebens auch nach Darwin's Meinung zwar eine ununterbrochene, aber keine gleichmässige gewesen sei, ja es scheint fast, als solle der Leser vor ein weiteres Problem, das eines grossen und noch unbekannten, von der zeitweisen Aenderung der äusseren Existenzbedingungen veranlassten Rhythmus in dem Processe der Gestaltung der lebenden Wesen geführt werden.

Nach derselben Richtung führt uns aber schon Aristoteles mit den bemerkenswerthen Worten: ‚Die Vertheilung von Land und Meer in gewissen Regionen ist nicht allzeit dieselbe, sondern es wird zur See, wo früher Land war, und zu Land, wo See war; und es ist Grund zu meinen, dass dieser Wechsel nach einem bestimmten System und in bestimmten Zeitabschnitten sich vollzieht.‘ [22]

Mehr als zwanzig Jahre sind seit dem Erscheinen von Darwin's Buche verflossen. Die Erfahrungen haben sich vermehrt; mit viel grösserer Bestimmtheit als damals können wir heute in den Resten der Vorzeit die Abstammungslinien z. B. bei den Raubthieren, den Einhufern, den Echinoiden und mancher anderen Gruppe verfolgen, und sehen, wie sich bei diesen die Variation mehr oder weniger stetig nach jener selben Richtung bewegt, deren bisheriges Resultat der heutige Formenkreis darstellt. Dabei ist zwischen je zwei aufeinander folgenden Säugethierfaunen der Tertiärzeit zuweilen ein ebenso genaues vicarirendes Verhältniss erkennbar, wie zwischen zwei räumlich benachbarten Landfaunen der Gegenwart.

Es tritt also in der That der Zusammenhang alles Lebens aus den paläontologischen Studien von Tag zu Tag deutlicher hervor. Daneben bleibt nichtsdestoweniger die Thatsache aufrecht, dass wir nicht innerhalb der einzelnen Familien oder Gattungen die Arten allmälig und zu verschiedenen Zeiten sich ändern sehen, sondern dass es ganze Gesellschaften, ganze Bevölkerungen und Floren, oder, wenn ich mich so ausdrücken darf, ganze ökonomische Einheiten der Natur sind, welche gemeinschaftlich auftreten und wieder gemeinschaftlich verschwinden. Dies ist um so merkwürdiger, als die Aenderungen der Bevölkerungen des Meeres

und jener des trockenen Landes keineswegs immer zusammenfallen, wie dies z. B. für die einzelnen Abtheilungen der Tertiärformation in der Niederung von Wien auf das Unzweifelhafteste nachgewiesen ist. Aus diesem Umstande kann man mit Sicherheit entnehmen, dass hier Veränderungen der äusseren Lebensverhältnisse massgebend gewesen sind.

Freilich ist die Ueberlieferung in hohem Grade unvollständig. Ein deutliches Zeichen hiefür liegt in der örtlichen Recurrenz einzelner Gruppen. Die Recurrenz gewisser Gattungen von Ammonitiden im mitteleuropäischen Jura ist von Neumayr bereits benützt worden, um die ersten Grundlinien zur Abgrenzung der thiergeographischen Provinzen während der einzelnen Abtheilungen der Juraperiode zu ermitteln.[23] Es sind zwischen diesen Provinzen von Zeit zu Zeit Verbindungen eröffnet und wieder unterbrochen worden, aber die Thatsache, dass nicht nur trotz der untergeordneten Verschiedenheiten der Synchronismus der Unterabtheilungen in den einzelnen Provinzen in vielen Fällen mit hinreichender Sicherheit ermittelt werden kann, sondern dass über die ganze Erde hin dem wohlbekannten Gesammttypus der Juraformation der ebenso wohlbekannte Typus der Kreidezeit folgt, belehrt uns, dass es Veränderungen gegeben hat, deren Wirkungsgebiet noch ausgedehnter war als diese grossen Provinzen.

Auf diesem Umstande beruht auch die Einheit der stratigraphischen Terminologie.

Die vortrefflichen Arbeiten der englischen Geologen im östlichen Australien, die Berichte der geologischen Landesaufnahme in Ostindien, die Darstellungen unserer Reisenden in China wie in den arktischen Gegenden, die ausgedehnten Publicationen, mit welchen Nordamerika uns beschenkt, wie die Schriften deutscher Forscher über die südamerikanischen Anden, die Beschreibungen vom Cap und die allerdings noch sparsamen, aber höchst werthvollen Nachrichten, welche wir aus den schwerer zugänglichen Theilen Afrika's erhalten haben, sie bedienen sich Alle anstandslos zur Bezeichnung der wichtigeren Glieder des geschichteten Gebirges jener selben Ausdrücke, welche ursprünglich zur Gliederung der Sedimente in einem beschränkten Theile Europa's gewählt worden sind. Der Geologe in Neu-Seeland oder Victoria

weiss, wenigstens so oft es sich um Meeresablagerungen handelt, ganz so gut wie sein College im nördlichen Russland oder auf Spitzbergen, ob er paläozoische, oder mesozoische, oder noch jüngere Ablagerungen vor sich hat, und Ausdrücke wie ‚Kohlenkalk‘, ‚Jura‘, ‚Kreide‘ haben in diesem Augenblicke bereits auf der ganzen von Geologen besuchten Oberfläche der Erde das Bürgerrecht erlangt.

Der grösste Theil dieser Nomenclatur stammt aus England und hat Geltung erlangt, obwohl schon im mittleren Europa einzelne mächtige Meeresablagerungen erscheinen, deren Zeitäquivalente in England einen wesentlich anderen Charakter zeigen und nicht sofort wieder zu erkennen sind. Beispiele sind die Triasbildungen der Ostalpen und die tithonische Stufe. Zugleich lernen wir durch die Arbeiten Abich's über die Vorkommnisse Armenien's, sowie durch Waagen und Griesebach aus Ostindien jene Meeresfaunen kennen, welche die gewaltige Lücke, die sich in Europa gegen den Schluss der paläozoischen Gruppe einstellt, mehr und mehr ausfüllen. Man wird jedoch bei genauerer Ueberlegung leicht zu der Meinung geführt, dass nicht die Vollständigkeit der marinen Formationsreihe im südöstlichen und mittleren England, sondern gerade jener, wenn ich so sagen darf, mittlere Grad der Lückenhaftigkeit, welcher ihr zukömmt, das Erfassen natürlicher Gruppen in einer Weise erleichtert hat, welche an anderen Orten, wo eine Meeresbildung auf die andere folgt, nicht geboten ist. In solchen Gegenden aber, in welchen die Lückenhaftigkeit der Serie eine besonders grosse ist, und wo z. B. das Uebergreifen der cenomanen Kreide hervortritt, zeigt sich höchst auffallende Uebereinstimmung über weite Flächen und in beiden Hemisphären. Diese Uebereinstimmung war es, welche mich bereits vor längerer Zeit vermuthen liess, dass die sogenannten säcularen Hebungen und Senkungen der Continente nicht ausreichen, um die engere Verbreitung der einen, die weitere der anderen Formation zu erklären, sondern dass irgend eine gemeinsame, wenn auch unbekannte Ursache zu Grunde liege.[24]

In ähnlicher Weise hat E. v. Mojsisovics seither die ‚der Hauptsache nach ganz parallel schreitende Entwicklung der beiden grossen Festlandmassen der Nordhemisphäre‘ und den ‚überein-

stimmenden Cyclus dynamischer Umgestaltungen diesseits und jenseits des Oceans' als eine der merkwürdigsten Erfahrungen bezeichnet.[25]

Schon mehrere Jahre früher meinten, einer ganz anderen Richtung der Beobachtungen folgend, bedeutende amerikanische Geologen innerhalb der Schichtenreihe ihres Continentes eine gewisse Wiederkehr jener Umstände zu erkennen, unter welchen sich die Ablagerung der Sedimente vollzieht. Man wollte wahrnehmen, dass jede grosse Formation mit einer thonigen oder sandigen Bildung in seichterem Wasser beginnt, dann von einer kalkigen Meeresbildung gefolgt wird, worauf wieder die Tiefe des Meeres geringer wird. Man nannte diese Reihen ,*Cycles of deposition*'.

So hat Dawson eine ausführlichere Besprechung der vier Cyclen für Untersilur, Obersilur, Devon und Carbon gegeben,[26] und Newberry, nachdem er die paläozoischen Cyclen in Ohio erkannt, dieselbe Anschauung auf die mesozoischen Ablagerungen des Südwestens, namentlich auf die Trias von Neu-Mexico und die Kreide vom Colorado bis Kansas und Texas ausgedehnt.[27]

Die Vorgänge in der Natur, meinte Newberry, seien allerdings so mannigfaltig, dass durch dieselben die Einfachheit der Grundlinien leicht verhüllt werde. Insbesondere treffe man z. B. in dem flötzreichen Carbon kleinere Cyclen innerhalb der grossen, nämlich Perioden der Ruhe oder der Regression in dem Verlaufe dieser Bewegungen.

Unter solchen Voraussetzungen aber, und sobald man das untergeordnete Gefüge einer sedimentären Reihe in seiner Abhängigkeit von den grossen Regeln der Bildungsverhältnisse ansieht, kann die Art der Schichtung und selbst die einzelne Bank eine Bedeutung als Glied einer grossen rhythmischen Erscheinung erhalten, welche ihr bisher nicht zuerkannt wurde.[28]

Jener Vorbehalt, welchen ich in Betreff der Chronologie der Faunen des trockenen Landes gemacht habe, gilt insoferne, als eine Veränderung der Landfauna durchaus nicht nothwendig immer mit einer Veränderung der Meeresfauna gleichzeitig ist, aber die ausgedehnten Arbeiten von Marsh und Cope zeigen bereits deutlich genug den beträchtlichen Grad der Uebereinstimmung der nordamerikanischen tertiären Landfaunen mit jenen Europa's. Diese

Thatsache ist darum besonders lehrreich, weil sich aus derselben noch schlagender wie aus der Betrachtung der Meeresablagerungen das gleichzeitige Verschwinden ganzer Gesellschaften, ganzer ökonomischer Einheiten auf ausserordentlich weite Strecken hin ergibt, sowie das Erscheinen neuer Faunen, jenes selbe Phänomen, welches Heer schon vor langer Zeit als eine ‚zeitweise Umprägung der Organismen' nicht ohne Glück bezeichnet hat.

Die in Europa allerdings noch mehr als in den Vereinigten Staaten örtlich wechselnde Art des Vorkommens der Landthiere bringt es mit sich, dass hier der Forscher noch weit mehr als bei den Meeresablagerungen, ja fast lediglich auf die organischen Reste seine chronologischen und stratigraphischen Folgerungen zu stützen genöthigt ist. Aber es bedarf kaum der Bemerkung, dass der jeweilige Charakter der Fauna wohl ein höchst werthvolles passives Merkmal ist, dass aber die physikalischen Ursachen der Veränderungen dereinst, nachdem sie richtig erkannt sein werden, die einzige natürliche Grundlage einer Abgrenzung der Zeitabschnitte sein werden.

Diese physikalischen Ursachen sind wahrscheinlich von sehr verschiedener Art. Wie der kurze Rückblick auf das Schwanken der Meinungen im Laufe der letzten Jahrzehnte gezeigt hat, sind es vornehmlich die Bewegungen der Erdrinde gewesen, in welchen man die Veranlassung zu den Veränderungen der organischen Welt gesucht hat. Die Fortschritte, welche die Kenntniss von dem Gefüge der grossen Gebirgsketten gemacht hat, führen uns jedoch einem Verständnisse dieses vermeintlichen Zusammenhanges nicht näher. Die Art und Weise, in welcher sich die Contraction der Erdrinde an der Oberfläche des Planeten äussert, die Bildung von Falten und Einbrüchen, steht nicht im Einklange mit der Voraussetzung von langsam, auf weite Strecken hin, gleichförmig, zu wiederholten Malen auf- und wieder absteigenden continentalen Tafeln. Die gleichartige Entwicklung der sedimentären Reihe und die Uebereinstimmung ihrer Lücken auf beiden Seiten des atlantischen Oceans erklären sich auf diesem Wege nicht. Wenn in einzelnen der trefflichsten Darstellungen der Structur irgend eines Gebirgszuges neben der Darlegung der Bildung der Falten und Brüche noch zur Erklärung der etwaigen Lückenhaftigkeit der

Serie von ‚Massenerhebungen‘ gesprochen wird, welche unabhängig sein sollen von der Bildung der Gebirgskette, so sieht sich, meine ich, der prüfende Leser vor eine den übrigen Erklärungen fremde Annahme gestellt. Es bleibt der Eindruck zurück, als seien grundverschiedene Erscheinungen nicht hinreichend von einander gesondert.

Man vergleiche den Gegensatz zwischen dem Begriffe einer Formationsgrenze im Beaumont'schen Sinne und jenen Anschauungen, von welchen Beyrich bei der Theilung der mittleren Tertiärablagerungen ausgegangen ist. Dieser Gegensatz findet den deutlichsten Ausdruck, indem man dem Worte ‚Dislocation‘ das Wort ‚Transgression‘ entgegenstellt.

Die Dislocation, mag sie eine Faltung oder eine Senkung sein, bleibt auf ein gewisses Gebirgssystem, oft nur auf einen ganz geringen Theil desselben beschränkt; die Transgression erstreckt sich weithin über grosse Theile der Erdoberfläche. Die Intensität der Dislocation mag örtlich sehr rasch wechseln; die Transgression lässt, sofern nur ein einzelner Gebirgstheil betrachtet wird, Verschiedenheiten der Intensität kaum erkennen, und die Transgression mag weithin in vollster Concordanz mit der Unterlage vor sich gehen. Die dislocirte Schichte war vor dem Eintritte jenes Ereignisses vorhanden, dessen Natur wir prüfen wollen; die transgredirende Schichte hat sich darnach oder während desselben gebildet. Die Dislocationen hat man durch die Erforschung des Gefüges der grossen Gebirgszüge in neuerer Zeit mit immer grösserem Verständnisse für die Ursachen zu verfolgen gewusst; in Betreff der Transgressionen schwankt das Urtheil zwischen widersprechenden Annahmen.

Dass die Dislocationen aus wahren Bewegungen, d. i. aus gegenseitigen Ortsveränderungen einzelner Theile des Planeten hervorgegangen sind, bedarf keiner Erläuterung; das Wort selbst drückt es aus. Es gilt dasselbe nicht von den Transgressionen; auch ist dieses Wort gar nicht in gleichem Sinne gewählt.

Seit langer Zeit und unter verschiedenen Gestalten ist die Ansicht hervorgetreten, dass neben den Bewegungen der Erdrinde auch Formveränderungen der Meeresoberfläche vor sich gehen. Die ausserordentliche Ausdehnung einzelner Transgressionen führt zu

dieser Ansicht zurück. Nur eine genaue Betrachtung der jüngsten Vorgänge, insbesondere des Auftretens verlassener Strandlinien über dem heutigen Strande, kann hier zu bestimmteren Ansichten führen. Aber schon die erste Betrachtung solcher Strandlinien lehrt ihre unbedingteste und vollständigste Unabhängigkeit von dem geologischen Baue der Küste. Man trifft an den italienischen Küsten die Linien einstiger Meeresniveaux in ungestörter Horizontalität an den verschiedenen, zum Meere vortretenden Bruchstücken der Apenninen, da auf Kalkstein, dort auf den alten Felsarten Calabrien's, dort endlich an dem Aschenkegel des Aetna. Diese gänzliche Unabhängigkeit der alten Strandlinien von der Beschaffenheit der Gebirge ist an hunderten von Beispielen erweisbar. Nun lässt sich aber die Voraussetzung einer so gleichmässigen Erhebung oder Senkung eines doch so vielgestaltigen und in so viele Fragmente zerbrochenen Festlandes ohne jede gegenseitige Verschiebung der Theile, wie sie zur Erklärung des horizontalen Verlaufes dieser Linien um die einzelnen Bruchstücke eines Gebirges erforderlich ist, gar nicht in Einklang bringen mit den heutigen Erfahrungen über den Bau der Gebirge selbst. Und so führt dieser Umstand ebenfalls zu der Annahme von selbständigen Bewegungen des Meeres, d. i. von Veränderungen der Gestalt der Hydrosphäre zurück. —

Es mag nun derselbe Beobachter, Wanderer und Zuhörer den Hörsaal verlassen und in unserer reichen Literatur Belehrung über das wahre Wesen einer geologischen Formation suchen. Würde er es der Mühe werth finden, auch das Buch aufzuschlagen, welches ich hiermit der Oeffentlichkeit übergebe, er würde die Beantwortung seiner Frage nicht in demselben finden. Diese Antwort ist die grosse Aufgabe der uns nachfolgenden Generation von Fachgenossen. Hier soll nur versucht werden, durch eine kritische Vereinigung von neuen Erfahrungen manchen alten Irrthum zu beseitigen und eine vorurtheilsfreie Ueberschau vorzubereiten.

Zu diesem Ende ist dasselbe in vier Theile geschieden.

Der erste Theil handelt von den Bewegungen in dem äusseren Felsgerüste der Erde. Er zerfällt in mehrere von einander ziemlich selbständige Studien. Die erste bespricht das grösste Naturereigniss, von welchem Berichte vorhanden sind, nämlich

die Sintfluth. Es ergibt sich hierbei die Gelegenheit, eine Reihe von Vorkommnissen zu vergleichen, welche den Mündungsgebieten grosser Ströme eigen sind, und durch deren Verkennung die falsche Beurtheilung z. B. der Erscheinungen des Ran of Kachh herbeigeführt worden ist. Der folgende Abschnitt betrifft einzelne Schüttergebiete, nämlich die Ostalpen, das südliche Italien und das Festland von Centralamerika; dann wird die Frage geprüft, ob bei den chilenischen Erderschütterungen wirklich dauernde Erhebung des Bodens eingetreten ist. Hierauf folgt der Versuch einer Uebersicht der verschiedenen Arten von Dislocationen, dann ein Abschnitt über Vulcane, endlich eine kurze Erörterung der Frage, welche Beziehungen zwischen den fühlbaren Bewegungen der Erde und den Dislocationen bestehen mögen.

Der zweite Theil bespricht den Bau und den Verlauf einer Anzahl grosser Gebirge. Er beginnt mit dem nördlichen Vorlande der Karpathen; dann folgt das nördliche Vorland der Alpen und eine längere Reihe von Einzelschilderungen aus allen Welttheilen. An diese lediglich beschreibenden Abschnitte schliesst sich ein Ueberblick der Structur der Oberfläche unseres Erdballes und die nähere Erläuterung der Verschiedenheit, welche zwischen dem pacifischen und dem atlantischen Becken besteht.

Der dritte Theil erörtert die Veränderungen der Oberflächengestalt des Meeres. Zuerst wird eine Uebersicht der Schwankungen der Ansichten über diesen Gegenstand gegeben. Es wird hierauf zur Erlangung einer neutralen Ausdrucksweise vorgeschlagen, von positiven und von negativen Verschiebungen der Strandlinie zu sprechen, und werden in einer Reihe beschreibender Abschnitte die Spuren dieser Verschiebungen rings um die Festländer und die oceanischen Inseln verfolgt. Den Schluss bildet eine Uebersicht und Discussion dieser Beobachtungen.

Der vierte Theil führt die Aufschrift: das Antlitz der Erde. Er fasst den Inhalt der vorhergehenden Theile zusammen, und er vergleicht die aus denselben erkennbaren Veränderungen mit dem allgemeinen Charakter jener Veränderungen, welche seit dem Beginne der Tertiärzeit in den Landfaunen der nördlichen Hemisphäre eingetreten sind.

Anmerkungen zur Einleitung.

[1] Will. Carpenter, Land and Sea, considered in relation to geolog. Time; Vortrag im Roy. Instit. of Gr. Brit., Jan. 23d, 1880, p. 4.

[2] O. Krümmel, Versuch einer vergl. Morphologie der Meeresräume, 8°, Leipzig, 1879, S. 102, 106, 107.

[3] Fischer, Untersuchungen über die Gestalt der Erde, 8°, 1868; Hann, Ueber gewisse beträchtliche Unregelmässigkeiten des Meeresniveau's; Mitth. Geogr. Ges. Wien, 1875, VIII, S. 554–569.

[4] Listing hat eine grössere Anzahl von Werthen für die Attraction zu ermitteln gesucht und fand: London 118 M., Paris 268 M., Insel Marañon (n. brasil. Küste) 567 M., Bonin-Insel — 1309 M., St. Helena — 847 M., Spitzbergen — 217 M., Berlin 37·7 M., Königsberg 92·6 M.; vgl. Listing, Neue geometr. und dynam. Constanten des Erdkörpers, Nachrichten d. k. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen, 1877, S. 749—815.

[5] L. Agassiz, Rep. upon Deep-Sea Dredgings; Bull. comp. Zool. Harvard Coll., Cambridge Mass., 3d ser., 1869, p. 368; Dana, Am. Journ. Sc. Arts, 1873, 3 sér. VI; p. 169; Geikie, On Geographical Evolution; Proc. Roy. Geogr. Soc., 1879, new ser. I, p. 422—443.

[6] Murray, On the Distribution of volcanic debris over the floor of the Ocean; Proc. Roy. Soc. Edinb., 1877, IX, p. 247—261 u. a. a. O.

[7] Ch. A. Ashburton, A measured section of the Palaeoz. Rocks of Centr. Pennsylvania; Proc. Am. Philos. Soc. Philadelphia, 1877, XVI, p. 519—560.

[8] Judd, The Secondary Rocks of Scotland, I; Quart. Journ. geol. Soc. 1873, XXIX, p. 130 und pl. VII, Karte des Moray Firth.

[9] Dieulafait, Comptes rend., 1879, t. 88, p. 351.

[10] H. D. Rogers, The Geol. of Pennsylvania, 4°, Philad., 1858, vol. II b, p. 897.

[11] Dana, Manual of Geol., 3d ed., p. 399.

[12] Clar. King, U. St. Explor. Exped. of the 40. Parall., 4°, 1878, I, p. 44; Emmons, ebend. II, p. 340.

[13] J. W. Powell, Report on the Geol. of the Eastern Portion of the Uinta Mount., 4°, 1876, p. 175, Atl. pl. III.

[14] A. Dumont, Note sur l'Emploi des Caractères géométriques résult. des mouvements lents du sol, pour établir le synchronisme des formations géologiques; Bull. Acad. Roy. Belg., 1852, XIX b, p. 514—518.

[15] Barrande, Observations sur les Rapports de la Stratigraphie et de la Paléontologie; Bull. de la Soc. géol., 1854, 2e sér., XI, p. 311—326.

[16] d'Archiac, Histoire des Progrès de la Géologie, 1857, VII, terr. jurass., p. 599: ‚l'innocuité complète, si l'on peut s'exprimer ainsi . . .'

[17] Hébert, Observations sur les phénomènes qui se sont passés à la séparation des périodes géologiques; Bull. de la Soc. géol., 1859, 2e sér., XVI, p. 596—605.

[18] Edw. Forbes, On the Connexion between the Distribution of the existing fauna and flora of the Brit. Isles and the geol. changes etc.; Mem. Geol. Surv. Off. I, p. 340.

[19] Beyrich. Ueb. d. Zusammenhang d. norddeutsch. Tertiärbildungen; Abh. K. Akad. Wiss. Berlin, 1855, S. 1—20, und Karte.

[20] Brocchi, Riflessioni sul perdimento delle specie; Conchol. foss. subapp., 1814, I, p. 219—240; vgl. auch H. v. Meyer, Act. Ac. Leop.-Carol., XVI, 2, S. 474; Zur Fauna von Oeningen, S. 48; Ch. Darwin, A Journal of Researches, p. 212; Rich. Owen, Brit. fossil Mammal., p. 270; Barrande, Parall. entre les dépôts silur. de Bohême et de Scand., p. 54.

[21] Darwin, On the Origin of Species, Chapt. IX: On the Imperfection of Geological Record; Chapt. XII: Geographical Distribution, am Schlusse.

[22] Aristot., Meteor. XII.

[23] Neumayr, Ueber unvermittelt auftretende Cephalopodentypen im Jura Mittel-Europa's; Jahrb. d. geol. Reichsanst., 1878, XXVIII, S. 37—80.

[24] Die Entstehung der Alpen, 8°, 1875, S. 115—120.

[25] E. Mojsisovics v. Mojsvár, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien, 8°, 1879, S. 9.

[26] Dawson, Acadian Geology, 8°, 1868, p. 137.

[27] Newberry, On Circles of Deposition in Secondary sedimentary Rocks, American and Foreign; Proc. Lyceum Nat. hist. New-York, 2d ser., n°. 4, 16th March 1874, p. 122—124.

[28] H. O. Lang, Ueber Sedimentärgesteine aus der Umgebung von Göttingen; Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., 1881, XXXIII, S. 273, Anm.: ‚Der Ausdruck Schichtung wird . . . für eine Erscheinung gebraucht, welche man als Ausfluss einer Periodicität in den Bildungsverhältnissen betrachtet.‘

ERSTER THEIL.

DIE BEWEGUNGEN IN DEM ÄUSSEREN FELSGERÜSTE DER ERDE.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Sintfluth.

Meeresfluthen. — Zwei Berichte in der biblischen Darstellung vereint. — Berosus. — Das Izdubar-Epos. — Oertlichkeit. — Verwendung von Asphalt. — Warnungen. — Die Katastrophe. — Strandung. — Abschluss des Ereignisses. — Neuere Vorgänge an ostindischen Flüssen. — Indus. — Ran of Kachh. — Ganges und Brahmaputra. — Wirbelstürme. — Wesen und Verbreitung der Sintfluth. — Eintheilung der Berichte. — Berosus und Izdubar-Epos. — Biblische Berichte. — Aegypten. — Hellenisch-syrische Gruppe. — Indien. — China. — Schluss.

Charles Lyell hat, wie Niemand vor ihm, gezeigt, auf welche Weise in der Natur durch kleine Kräfte grosse Wirkungen erzielt werden. Aber der Massstab für Klein und Gross, sowie für die Dauer und die Heftigkeit einer Naturerscheinung wird, wie Ernst v. Baer in tief durchdachten Worten gelehrt hat, in gar vielen Fällen aus der physischen Organisation des Menschen genommen. Das Jahr ist ein Zeitmaass, welches das Planetensystem uns darbietet; sprechen wir von einem Jahrtausend, so haben wir das Decimalsystem und damit den Bau unserer Extremitäten eingeführt. Berge messen wir oft noch nach Fussen; lange und kurze Zeiträume unterscheiden wir nach der mittleren Lebensdauer des Menschen und folglich nach der Gebrechlichkeit unseres Körpers, und für die Bezeichnungen ‚heftig‘ oder ‚minder heftig‘ entnehmen wir in gleicher Weise unbewusst das Maass dem Kreise der persönlichen Erlebnisse.

So haftet das Urtheil an dem physischen Leibe und liebt zu vergessen, dass der Planet wohl *von dem Menschen* bemessen werden mag, aber nicht *nach dem Menschen*. Indem man sich der Bewunderung des Korallenthierchens hingab, welches das Riff thürmt, und der Betrachtung des Regentropfens, welcher den Stein

höhlt, hat sich, fürchte ich, aus der friedlichen Alltäglichkeit des bürgerlichen Lebens ein gewisser geologischer Quietismus herübergeschmeichelt in die Beurtheilung der grössten Fragen der Erdgeschichte, welcher nicht zu der vollen Beherrschung jener Erscheinungen führt, die für das heutige Antlitz der Erde die massgebendsten waren und sind.

Die Zuckungen, von welchen weit häufiger, als man noch vor kurzer Zeit annahm, einzelne Stücke des äusseren Felsgerüstes der Erde ergriffen werden, mahnen deutlich genug, wie einseitig eine solche Anschauung der Dinge ist. Die heutigen Erdbeben sind gewiss nur gar schwache Erinnerungen an jene tellurischen Bewegungen, von welchen der Bau fast jedes Gebirgszuges Kenntniss gibt. Es sind zahlreiche Beispiele des Gefüges grosser Gebirgsketten bekannt, welche innerhalb der Stetigkeit der grossen Vorgänge einzelne Episoden als möglich, in gewissen Fällen sogar als wahrscheinlich erscheinen lassen, von so unsagbar erschütternder Gewalt, dass die Einbildungskraft sich sträubt, dem führenden Verstande nachzufolgen und das Bild auszugestalten, für welches aus beobachteten Thatsachen dieser die Umrisse setzt.

Solche Katastrophen hat, so weit geschriebene Berichte reichen, unser Geschlecht nicht erlebt. Das gewaltigste Naturereigniss, von welchem menschliche Erinnerungen erzählen, trägt den Namen der Sintfluth, und es soll der Versuch unternommen werden, die physische Grundlage der alten Berichte aufzusuchen. Dieser Versuch soll unternommen werden auf Grund der keilschriftlichen Texte, und ich habe bei demselben eine sehr wesentliche Unterstützung in der freundlichen Beihilfe des ausgezeichneten Kenners dieser Denkmale uralter Cultur, Dr. Paul Haupt in Göttingen, gefunden, welcher mir über viele dunkle Punkte in den alten Texten Aufschluss gegeben und von einzelnen wichtigen Stellen gütigst eine geänderte Uebertragung mitgetheilt hat.

In den Sagen und in den heiligen Büchern des Alterthums finden sich zahlreiche Berichte von grossen Naturereignissen. In den Ueberlieferungen des europäischen Norden überwiegen solche Mittheilungen, welche sich auf vulcanische Ausbrüche beziehen. Ausserordentlich verbreitet in der alten wie in der neuen Welt sind die Nachrichten von verheerenden Fluthen.

Es muss nun schon vom Beginne festgehalten werden, dass an so grossen Fluthen die atmosphärischen Niederschläge nur einen untergeordneten Theil haben können. Sie können ihrer ganzen Entstehungsweise nach ein gewisses Maass nicht überschreiten; sie bleiben in ihren heftigsten Formen räumlich beschränkt, und sie fliessen ab, indem sie dem Gefälle der Thäler folgen. Ausserordentlich viel gewaltiger sind die Fluthen, welche von Wirbelstürmen, und die ausgedehntesten sind jene, welche von Erdbeben verursacht werden.

Als am 1. November 1755 Lissabon von einem gewaltigen Erdstosse getroffen wurde, da trug der Atlantische Ocean die erregte Brandung bis an die Antillen. Als am 23. December 1854 Simoda in Japan durch ein Erdbeben verheert wurde, schlugen die erhobenen Wellen des nördlichen pacifischen Oceans an die californische Küste.[1] Als am 13. August 1868 ein mächtiger Schlag bei Arica an der peruanischen Küste erfolgte, konnte aus weither gesammelten Nachrichten Hochstetter uns zeigen, wie die Erregung des Meeres hinspülte nach Nord und nach Süd längs der Westküste Amerika's, wie die Wogen an den Sandwich-Inseln sich erhoben in tagelanger Unruhe, wie sie die Samoa-Inseln trafen, die australische Ostküste, Neuseeland und die Chatham-Inseln.[2] Die französische Fregatte ‚Nereïde' aber begegnete damals, gegen Cap Horn reisend, im 51. Breitegrade grossen Schaaren frisch gebrochener zackiger Eisberge, welche die mächtige Fluth, unter das antarktische Eis dringend, losgebrochen hatte.[3] Auch bei dem Erdbeben von Iquique in Peru am 9. Mai 1877 wogte, wie Eugen Geinitz gezeigt hat, das pacifische Meer auf von Japan bis zu den Chatham-Inseln.[4] Am 27. August 1883 der Ausbruch des Krakatoa!

Und wehe dem Landstriche, welcher in der Nähe des Stosses von solcher Fluth getroffen wird! So war es am 28. October 1746 zu Callao in Peru. Ein Beobachter, welcher kurz darauf den Ort besuchte, schreibt: ‚Nicht das geringste Zeichen seiner früheren Gestalt ist geblieben. Im Gegentheile bezeichnen viele Haufen von Sand und Geschiebe die Stelle der einstigen Lage; es ist ein geräumiger Strand geworden, welcher sich längs der Küste hinstreckt. In der That widerstanden einige Thürme durch die Stärke ihrer Mauern eine Zeit hindurch der ganzen Kraft des Erdbebens

und der Macht der Stösse; aber kaum hatten die armen Einwohner begonnen, sich von dem Grauen des ersten Schreckens zu erholen, als plötzlich die See begann anzuschwellen, und die Anschwellung stieg in so erstaunlichem Maasse und mit so gewaltigem Drucke, dass das Wasser, von der erreichten Höhe herabstürzend, — obwohl Callao auf einer Höhe stand, welche, unmerklich zunehmend, sich bis Lima erstreckt, — mit Wuth vorwärts drang und weit über seine Ufer hinaus Alles mit ungeheurer Fluth bedeckte, den grössten Theil der Schiffe zerschellte, welche im Hafen vor Anker gelegen waren, die übrigen über die Höhe der Mauern und Thürme erhob, sie vorwärts trieb und weit jenseits der Stadt im Trockenen zurückliess. Zur selben Zeit riss die Fluth von Grund aus Alles auf, was sie an Häusern und Bauwerken bedeckte[5]

Von fünftausend Einwohnern haben etwa zweihundert diese Stunde überlebt.

Aehnliches hat sich zu wiederholten Malen ereignet. Das Meer zieht sich weit zurück, erhebt sich in langem, gewaltigem Rücken und stürzt dann verheerend über das Land; die Flüsse stauen zurück; die Städte werden verwüstet. Das Maass des Unheils hängt zum grossen Theile von dem Umrisse der Küste und der Höhe des Landes ab. In Südamerika sind solche Fluthen in neuerer Zeit besonders auffallend gewesen, und Lyell hat wohl mit Recht schon vor Jahren die Fluthsagen der araucanischen Indianer hieraus zu erklären versucht.[6] Die Bewohner der Fidji-Inseln berichten von einer grossen Fluth, nach welcher man durch viele Jahre Fahrzeuge bereit hielt, um sich im Falle einer Wiederholung des Ereignisses zu retten, und Lenormant macht in seiner trefflichen Uebersicht der Fluthsagen aufmerksam, um wie viel mehr diese Bemerkung auf eine Hochfluth des Meeres, als auf eine allgemeine Ueberschwemmung des Erdball's hinweist.[7] Es ist aber, meine ich, nach den im Laufe der letzten Jahrzehnte gesammelten Erfahrungen über seismische Hochfluthen sehr begreiflich, dass auf den entferntesten Inseln die Berichte von grossen Fluthen getroffen werden. In einzelnen dieser Ueberlieferungen wird sogar ausdrücklich gesagt, dass das Meer die Fluth erzeugt habe. Solche seismische Fluthen sind nur auf Inseln, in flach gelegenen Küstenstrecken und in dem tieferen Theile grosser

Flussthäler nach dem bisherigen Stande der Erfahrung vorauszusetzen.

Die gangbare Auffassung des biblischen Textes bot daher jeder physischen Erklärung Schwierigkeiten. Man mochte nicht zugestehen, dass eine seismische Woge das Fahrzeug Noah's bis auf die Höhe des Ararat getragen habe, und auch durch meteorische Niederschläge konnte das Ereigniss nicht erklärt werden.

Die biblische Darstellung besteht aus zwei von verschiedenen Berichterstattern verfassten Aufschreibungen, welche, unter mehrfachen Wiederholungen und mit untergeordneten Abweichungen von einander, auf eine Weise vereinigt sind, welche ihre Trennung nicht schwer macht. Sie unterscheiden sich in auffallender Weise dadurch, dass der eine Berichterstatter für die Gottheit den Namen Jahveh, der andere die Pluralform Elohîm anwendet, sowie durch die Art der Darstellung selbst. Aber die Trennung beider Berichte fördert nicht wesentlich die Erkenntniss der damaligen Vorgänge in der Natur, und wenn auch versucht worden ist, durch scharfsinnige Exegese zu zeigen, dass unter den Worten Genesis, VIII, 4 ‚die Berge des Ararat' nicht der heutige Berg dieses Namens, sondern die Berge einer Landschaft zu verstehen seien, über deren Lage Sicheres nicht vorliegt, so ist auch hiedurch noch kein wesentlicher Erfolg erzielt.

A. Das Izdubar-Epos.

Aus den erhaltenen Bruchstücken der Schriften des Berosus, eines babylonischen Priesters, welcher um 330 bis 260 v. Chr. lebte, weiss man seit längerer Zeit, dass in den Niederungen des Euphrat die Ueberlieferung von einer grossen Fluth bestand, welche in mehreren Zügen auffallend mit der biblischen Erzählung übereinstimmte.

Diese grosse Fluth ereignete sich nach Berosus, welcher sich auf die heiligen Schriften beruft, unter der Regierung des Xisuthros, Sohn des Otiartes. Kronos verkündet dem Xisuthros im Traume, dass am 15. des Monates Daisios alle Menschen durch eine Fluth zu Grunde gehen würden. Er befiehlt ihm, die Schriften zu vergraben zu Sippara, der Stadt der Sonne, dann ein Fahrzeug zu bauen, dasselbe mit Nahrungsmitteln zu versehen, dann

es mit seiner Familie und seinen Freunden zu besteigen, auch vierfüssige und fliegende Thiere mitzunehmen. Xisuthros befolgt die Gebote; die Fluth tritt ein und bedeckt das Land; sie nimmt wieder ab; er lässt Vögel fliegen, um sich von dem Zustande der Dinge zu unterrichten, verlässt endlich das Fahrzeug und bereitet mit seiner Familie den Göttern ein Opfer. Xisuthros wird nun zum Lohne für seine Frömmigkeit erhoben, um unter den Göttern zu wohnen; ebenso seine Frau, seine Tochter und der Steuermann.

Dies ist der wesentliche Inhalt des Berichtes des Berosus, wie er von Alexander Polyhistor überliefert wurde. ‚Von dem Schiffe des Xisuthros, so schliesst derselbe, welches endlich in Armenien stehen geblieben war, besteht noch ein Theil in den kordyäischen Bergen von Armenien, und die Leute scharren das Erdpech ab, mit welchem es aussen bekleidet war, und benützen dasselbe als Amulet gegen Krankheiten. Und als die Anderen zurückgekehrt waren nach Babylon und die Schriften zu Sippara wieder gefunden hatten, erbauten sie Städte und errichteten Tempel, und so wurde Babylon wieder bevölkert.‘[8]

Eine Reihe der wunderbarsten Entdeckungen hat nun in den letzten Jahren einen guten Theil der alten Literatur der Euphratniederung in einem alle Hoffnungen weit übersteigenden Maasse erschlossen, und es ist hiebei auch eine neue und ausführliche Darstellung der Sintfluth entdeckt worden.

Durch den von verdientem Glücke begleiteten Eifer englischer Forscher, wie Layard, Loftus, G. Smith und vor Allen durch Hormuzd Rassam sind in tausenden von mit Keilschrift bedeckten Thonscherben die Reste der königlichen Bibliothek von Ninive aus dem Trümmerhaufen von Kujundjik zu Tage gefördert und der wissenschaftlichen Welt wiedergegeben worden. Die Schriften sind nicht nur religiösen Inhaltes, sondern umfassen die verschiedensten Zweige menschlichen Wissens. Der grösste Theil der uns erhaltenen Exemplare dieser uralten Werke wurde in der Regierungszeit Asûrbânîpal's (670 v. Chr.) von den in den Bibliotheken von Babylon, Kutha, Akkad, Ur, Erech, Larsa, Nipur und anderen Städten aufbewahrten Originalen copirt; dies ist insbesondere auch der Fall mit den hier zu besprechenden Tafeln.

Der Bericht über die Sintfluth ist bemerkenswerther Weise nicht in jenen Tafeln enthalten, welche von der Entstehung der Welt, dem Sündenfall der Menschen und dem Kampfe des Guten gegen das Böse handeln. Er bildet eine Episode in einem grossen Epos, welches die Thaten des Helden Izdubar meldet. Man kennt verschiedene Copien dieses Epos; sie wurden auf Befehl Asûr-bânîpal's von einem weit älteren, wahrscheinlich mehr als zwei Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung niedergesetzten Texte genommen, welcher damals in der Priesterbibliothek zu Erech aufbewahrt wurde. Mit Recht wird dasselbe von G. Smith als ein grosses nationales Werk bezeichnet. Es besteht aus zwölf Gesängen, welche Rawlinson nach einzelnen hervortretenden Theilen des Inhaltes in geistreicher Weise mit den zwölf Zeichen des Zodiacus verglichen hat. Der Lebenslauf des Helden Izdubar, wahrscheinlich übereinstimmend mit dem biblischen Nimrod, wird nun in diesen zwölf Gesängen auf unzweifelhaft historischer Grundlage vorgeführt und erhält durch die Vergleichung mit den Zeichen des Thierkreises eine allegorische Aehnlichkeit mit dem Laufe der Sonne. Der eilfte Gesang, der Reihe des Zodiacus nach dem Zeichen des Wassermannes entsprechend, enthält den Bericht über die Sintfluth.

Izdubar hat seinen Freund Êabânî verloren, ist krank und wandert nun weit hinab an die Mündung der Ströme zu seinem Ahnen Ḫasîs-Adra, welcher, aus der Sintfluth errettet, von den Göttern dahin versetzt wurde, um, niemals alternd, dort ein unsterbliches Leben zu führen. Izdubar findet seinen Ahnen, befrägt ihn um seine wunderbaren Erlebnisse, und dieser erzählt.

Ḫasîs-Adra's Erzählung liegt in mehreren Uebersetzungen vor; ich nenne jene von G. Smith,[9] hiezu die Bemerkungen von Fox Talbot,[10] dann jene von J. Oppert, F. Lenormant[11] und Paul Haupt.[12]

Dem Nachfolgenden ist Haupt's letzte Uebersetzung zu Grunde gelegt, welche ergänzt ist durch manche gütige Mittheilung. Für den leider sehr unvollständigen Theil Col. II, Z. 1—24, welcher von Haupt nicht wiedergegeben ist, habe ich Lenormant benützt.

Indem ich nun für den ausführlichen Text, so weit er hier nicht wörtlich anzuführen sein wird, auf die Schriften der genannten

Forscher verweise, beschränke ich mich auf die folgende Inhaltsangabe von Ḫasîs-Adra's Bericht:

Col. I, 8—10. Einleitende Ansprache an Izdubar.

11—17, a. Die grossen Götter beschliessen die Anrichtung der Sintfluth in der uralten Stadt Surippak am Euphrat.

17, b—19 Der Gott Êa, der Herr der unerforschlichen Weisheit, der Gott des Meeres, war im Rathe der Götter und theilt Ḫ.-Adra den Beschluss derselben mit.

20—27. Êa's Warnung und Auftrag, ein Schiff zu bauen auf trockenem Lande.

28—31. Ḫ.-Adra sucht zu widersprechen, fürchtet den Spott des Volkes und der Aeltesten.

32—45. Êa's neuerliche und ausführliche Weisung, Vorhersage der Fluth, Auftrag Korn mitzunehmen, Hab und Gut, Familie, Knechte und Mägde, Verwandte, Vieh und Wild.

46—52. Ḫ.-Adra sagt zu, obwol noch Niemand in dieser Weise ein Schiff gebaut (hier leider viele Lücken).

Col. II, 1—24. (Leider höchst unvollständig.) Bezieht sich nach den vorhandenen Resten auf den Bau und die Ausrüstung des Fahrzeuges.

25—29. Ḫ.-Adra bringt alle Habe an Silber und Gold zusammen und allen lebendigen Samen, den er hatte; das Gesinde, das Vieh und das Wild, auch alle Verwandten lässt er einsteigen.

30—36. Letzte Warnung durch eine Stimme(?); Ḫ.-Adra's Furcht.

37—39. Er besteigt das Schiff, schliesst es ab und übergibt den grossen Bau sammt seiner Ladung dem Steuermanne Buzurkurgal.

40—50. Schilderung des Naturereignisses.

Col. III, 1—3. Fortsetzung der Schilderung (unvollständig).

4. Es sieht der Bruder nicht mehr nach dem Bruder. (Das von Fox Talbot, Trans. Bibl. Arch. Soc. IV, 129, mitgetheilte Bruchstück, welches den Schrecken und die Flucht der Menschen und Thiere beschreibt, gehört nicht dem Sintfluthberichte an.)

5—7. Furcht der Götter selbst; sie flüchten empor zum Himmel des Gottes Anu.

8—18. Laute Klage der Göttin Istar über den Untergang der Menschen; Klage der Götter über die Wassergeister der Tiefe.

19—23. Dauer von Sturm und Fluth; Abnahme.

24—30. Ḫ.-Adra durchschifft die Fluth; Leichname treiben umher; erster Ausblick; er bricht in Thränen aus.

31. Erstes Erscheinen von Land.

32—36. Strandung an (dem oder) einem Berge des Landes Nizir und sechstägiger Aufenthalt.

37—44. Ḫ.-Adra lässt eine Taube (?) heraus, dann eine Schwalbe, dann einen Raben.

45—48. Er verlässt mit allen Begleitern das Fahrzeug und bereitet ein Opfer.

49—50. Die Götter kommen herbei.

51—53. Istar hebt in die Höhe die grossen Bogen (?) und schwört nicht zu vergessen

Col. IV, 1—5. diese Tage. Alle Götter mögen herankommen, nur Bêl nicht, welcher die Fluth angerichtet.

6—9. Bêl's Zorn über Ḫ.-Adra's Errettung.

9—11. Der Gott Adar weist auf Êa.

12—22. Êa's Rechtfertigung. Der Schuldlose soll nicht mit dem Schuldigen leiden. Reissende Thiere, Hunger und Pest mögen den Menschen heimsuchen, aber keine Sintfluth mehr.

23—30. Der beruhigte Bêl steigt in das Innere des Fahrzeuges, legt Ḫ.-Adra's Hand in die seines Weibes, erhebt beide zu den Göttern und versetzt sie an die Mündung der Ströme.

1. Der Ausgangspunkt. Aus den einleitenden Bemerkungen hat sich ergeben, von wie massgebender Bedeutung für die Beurtheilung dieses grossen Naturereignisses die Frage ist, ob der Schauplatz ein Flachland, etwa der tiefere Theil eines grossen Stromthales, oder ein Hochland war.

Der eilfte Gesang des Izdubar-Epos nennt mit Bestimmtheit zwei Orte, nämlich die Stadt Surippak als den Wohnort Ḫasîs-

Adra's und den Berg des Landes Nizir als den Ort der Strandung. Den Ausgangspunkt haben wir nun näher zu betrachten.

Die erste Stelle lautet:

Col. I. 11. *Die Stadt Surippak, die Stadt, welche, wie du weisst, (am Ufer) des Euphrat liegt,*
12. *diese (Stadt) war (schon) uralt, als die Götter darin*
13. *(zur) Anrichtung einer Sintfluth ihr Herz antrieb;* . . .

Dass in dieser Stadt Surippak eine Bevölkerung lebte, welche im Schiffbau wohlerfahren war, geht aus dem weiteren Inhalte dieses Gesanges und insbesondere aus der Furcht Ḫasîs-Adra's vor dem Spotte derselben hervor. Alle Autoren verlegen diese Stadt an den unteren Theil des Stromes. Rawlinson sucht ihre Lage beiläufig in der Nähe des heutigen Howeiza und bezeichnet sie nur insoferne als eine Stadt des Inlandes, als man noch niemals eine Stadt an die Seeküste in unmittelbarer Nähe eines grossen Stromes wie der Euphrat gebaut habe, aus dem Grunde, weil dort die Schifffahrt durch die Verlandung gefährdet wäre. [13]

Unter der damaligen Meeresküste ist jedoch allerdings kaum die heutige zu verstehen. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass ein beträchtlicher Theil des Tieflandes in der Nähe der heutigen Mündungen erst in den letzten Jahrtausenden gebildet worden ist. Schon Plinius sagte (VI, cap. 26), dass kaum an irgend einer anderen Stelle die Bildung von Land durch einen Strom so rasch vorschreite. Beke hat bereits vor vielen Jahren versucht, aus Arrian's Nachrichten von der Reise des Nearchus und aus den Angaben des Plinius über die Lage von Charax das Maass des Vorschreitens der Küste zu ermitteln. [14] Loftus, Rawlinson und alle neueren Schilderungen stimmen in diesem Punkte überein, und es mag nach Loftus' Schilderung nur zweifelhaft bleiben, ob lediglich die schlammigen Absätze des Flusswassers das neue Land erzeugt haben, oder ob nicht auch ein geringer Rückzug des Meeres selbst hiezu beigetragen hat. Nach den Angaben dieses zuverlässigen Beobachters hat nämlich, wie junge Meeresbildungen im Lande zeigen, in verhältnissmässig später Zeit der Ufersaum des persischen Golfes gewiss um 400 Km. weiter gegen NW. gereicht als die heutige Mündung des Schatt-el-Aráb, und um

240 Km. weiter landeinwärts als die Vereinigung von Euphrat und Tigris bei Korna.[15]

Jedenfalls ist die landbildende Thätigkeit der beiden grossen Ströme eine sehr beträchtliche, und ihr Gefälle ist in dem ganzen unteren Theile ein so ausserordentlich geringes, dass die Fluth am Tigris bis zu dem Dorfe Abdallah-ibn-Ali 280 Km. und am Euphrat in den Sümpfen von El-hammar 298 Km. vom Meere landeinwärts bemerkbar ist.[16]

Es hat Friedr. Delitzsch alle aus historischen Quellen sich ergebenden Nachweise für die Veränderung des Gebietes der Mündung gesammelt und sogar den Versuch einer Karte des ehemaligen Zustandes der Dinge entworfen.[17] Wenn hier aus dem Berichte über Sanherib's (705—681) Seeunternehmung gegen Elam gefolgert wird, dass zu jener Zeit der Euphrat eine selbstständige Mündung besass, so scheint mir dies für den Tigris für eine allerdings noch ältere Zeit mit noch grösserer Bestimmtheit aus Inschriften hervorzugehen, welche G. Smith mitgetheilt hat, und nach welchen unter dem Könige Rim-sin ein Durchstich vom Tigris zum Meere, offenbar zur Erleichterung des Abflusses, hergestellt worden ist. Von Ḫammuragas (etwa um 1500), welcher nach Rim-sin die Herrschaft erlangte, besitzen wir ein ganzes Verzeichniss von grossen, am Tigris ausgeführten Wasserbauten; namentlich rühmen die Inschriften einen gewaltigen, nach grossen Ueberschwemmungen längs des Stromes erbauten Damm, welcher Kara-samas genannt wurde.[18] Solche Eindeichungen mussten aber die Verlandung des vorliegenden Meeresarmes noch beschleunigen. Hiezu kommt, dass, wie bereits Friedr. Delitzsch hervorgehoben hat, den Mündungen die Insel Dilmun vorlag. Aus all' diesen Gründen lässt sich heute ein genauerer Maassstab für das Anwachsen des Landes nicht gewinnen.

Wenn nun diese Angaben dahin führen möchten, eine gänzliche Trennung beider Flüsse zu jener Zeit anzunehmen, so wird doch mit vollem Rechte von F. Delitzsch erinnert an Ḫasîs-Adra's späteren Wohnort, an welchem ihn Izdubar aufsucht.

Col. IV. 30. *Da nahmen sie mich und in die Ferne, an die Mündung der Ströme versetzten sie mich.*

‚Die Mündung der Ströme‘ aber deutet sicherlich an, dass, wenn die Ströme noch getrennt waren, sie doch nicht weit von einander sich in's Meer ergossen.

Oberhalb dieses in Verlandung begriffenen Gebietes, am Euphrat, also an einer heute weit landeinwärts gelegenen Stelle des Flachlandes, lag die schon zur Zeit der Sintfluth uralte Stadt Surippak.

2. Die Verwendung von Asphalt. Hier, bei der Betrachtung der Oertlichkeit, ist ein positives Merkmal zu erwähnen, welches sich in der Erzählung Ḫasîs-Adra's, in dem Bruchstücke des Berosus und in dem elohistischen Berichte der Genesis wiederholt, und welches, wie Ainsworth und Andere schon lange erkannt haben, auf ein bestimmtes Merkmal der geologischen Beschaffenheit des unteren Euphrat-Gebietes hinweist.[19] Es ist dies die, wie mir scheinen will, noch immer nicht mit dem verdienten Nachdrucke betonte Verwendung von Asphalt bei dem Baue des rettenden Fahrzeuges.

In dem leider nur mangelhaft erhaltenen ersten Theile von Col. II, in welchem die Erbauung des Schiffes und seine Eintheilung geschildert werden, lauten die Verse 9, 10, 11:

Col. II. 9. *Ich sahe Spalten und fügte das Fehlende hinzu*
10. *Drei Saren Erdpech goss ich über die Aussenseite*
11. *Drei Saren Erdpech goss ich über die Innenseite*[20]

Berosus erzählt, dass das Erdpech noch in späten Zeiten von der Aussenseite des Fahrzeuges abgescharrt und als Heilmittel verwendet worden sei.

Gen. VI, 14 lautet: *Fac tibi arcam de lignis laevigatis: mansiunculas in arca facies, et bitumine linies intrinsecus, et extrinsecus.*[21] —

Ein kleines Bruchstück einer Thontafel erzählt die Kindheit des grossen Königs Sargon I.; es beginnt:

Sargon der mächtige König, der König von Agade, bin ich. Meine Mutter war eine Prinzessin, meinen Vater habe ich nie gekannt. Der Bruder meines Vaters wohnte auf dem Berge der Stadt Azupiranu, welche an dem Ufer des Euphrates liegt. Meine Mutter die Prinzessin empfing mich; heimlich gebar sie mich. Sie setzte

mich in ein Körbchen von Binsen, mit Erdpech verschloss sie meine Thüre. Sie setzte mich in den Fluss, welcher mich nicht ertränkte.[22]

In ähnlicher Weise wird Exod. II, 3 gesagt, dass das Kästlein von Rohr, in welchem Moses ausgesetzt wurde, mit Erdpech verschlossen worden sei.

Die Niederung des Euphrat und des Tigris ist von asphaltreichen miocänen Höhen umgeben. Loftus hat eine Reihe von Asphaltvorkommnissen aufgezählt.

Setzen wir nun neben den Bericht von der Uebergiessung des Sintfluthschiffes mit Asphalt von aussen und von innen, wie sowohl Izdubar-Epos wie Genesis ausdrücklich sagen, eine Darstellung heutiger Gebräuche am Euphrat von dem unbefangenen Eisenbahn-Ingenieur Cernik, welcher zur Ermittlung einer Bahnlinie durch Mesopotamien vor einigen Jahren das Land bereist hat.

Cernik schreibt über den Transport der bei Hit am Euphrat gewonnenen Naphtha: ‚Man begnügt sich, ein rohes Korbgeflecht zu erzeugen, ohne Kiel und mit Tamariskenknüppeln als Rippen, die Zwischenräume mit Stroh und Rohrgeflecht ausgefüllt und der ganze Bau sodann über Gebühr, sowohl aussen als innen, mit einer Lage Asphalt verputzt. Nichtsdestoweniger besitzen diese Fahrzeuge ein bedeutendes relatives Tragvermögen ...‘[23]

Es ist also in Hit am Euphrat zur raschen Herstellung wasserdichter und tragfähiger Fahrzeuge heute noch derselbe Vorgang in Gebrauch, welchen vor Jahrtausenden Ḫasîs-Adra befolgte.

Das Erdpech ist in uralter Zeit in diesem Landstriche in gar vielfältiger Weise verwendet worden. Bei dem Mangel an Bruchstein und Kalk führte man grosse Bauten aus Backstein auf und verwendete Erdpech als das Bindemittel.

So lautet die bekannte Stelle über den Thurmbau zu Babel Gen. XI, 3: *Dixitque alter ad proximum suum: Venite, faciamus lateres, et coquamus eos igni. Habueruntque lateres pro saxis et bitumen pro caemento.*

Herodot erzählt ausführlich, wie der Lehm aus dem die Stadt Babylon umgebenden Graben ausgehoben, in Ziegel geformt und gebrannt wurde, und wie dann aus diesen Ziegeln die Mauer erbaut und Asphalt statt Mörtel verwendet wurde. Der Asphalt aber

wurde von Is gebracht, einer Stadt am Euphrat, acht Tagereisen von Babylon. Dies ist das heutige Hit.[24]

Solches Mauerwerk wird aber unter den Trümmern da und dort reichlich angetroffen, und Cernik erzählt, dass heute in den asphaltreichen Gebieten ganze Blöcke dieses Stoffes bei Bauten verwendet werden.

Ebenso dürfte die Verwendung von Erdpech zur Herstellung brennender, vielleicht sogar explodirender Wurfgeschosse, welche in späteren Jahren durch ganz Asien in Uebung standen, bereits in den allerältesten Zeiten bekannt gewesen sein, bis zu welchen die keilinschriftlichen Berichte zurückreichen. Dies ergibt sich aus der Erzählung von dem Kampfe des Gottes Merodach mit dem Drachen Tiâmat, welche einen Theil der babylonischen Legende vom Sündenfalle zu bilden scheint, und noch deutlicher aus der biblischen Darstellung in der apokryphen Historie vom Drachen zu Babel, v. 26. Dies ist auch die Bedeutung der Donnerkeile, mit welchen Merodach im Kampfe mit dem Drachen in den Basreliefs abgebildet wird.[25]

Kehren wir jedoch zum Schiffbaue zurück.

So wie die Entwicklung der einzelnen Richtungen der Baukunst beeinflusst worden ist durch die Beschaffenheit der dem Künstler zur Verfügung stehenden Steingattungen, so sind auch durch die Besonderheiten der von der Natur zur Verfügung gestellten Hilfsmittel örtliche Eigenthümlichkeiten des Schiffbaues entstanden, welche sich unter Benützung der gleichen Hilfsmittel durch sehr lange Zeit erhalten haben. Es hat Lane Fox in einer lehrreichen Zusammenstellung gezeigt, wie sich langsam der Fortschritt von dem gehöhlten Baume zu dem gehefteten Fahrzeuge und von diesem zu der Anwendung von Stiften vollzogen hat, wie aber daneben örtliche Besonderheiten sich aus der ältesten Zeit erhalten haben. Ein Beispiel geben die Bewohner der Insel Ké, westlich von Neu-Guinea, welche wegen ihrer Fertigkeit im Schiffbaue grossen Ruf besitzen. Sie bauen ihre Fahrzeuge nach alter Weise, indem sie die Rippen anbinden, und erst wenn die so nach alter Sitte hergestellten Rippen unbrauchbar geworden sind, werden neue Rippen nach europäischem Gebrauche mit Nägeln befestigt. Der Bewohner der Samoa-, wie jener der Fidji-Inseln dichtet sein

Fahrzeug mit Harz vom Brodfrucht-Baume, jener der Kingsmill-Inseln mit Streifen von Pandanusblättern; in gewissen Theilen von Siam soll man dazu ein poröses Holz verwenden, welches im Wasser anschwillt.[26]

Am Euphrat verwendet man heute noch wie vor so langer Zeit das Erdpech. Aber neben diesen verpichten Fahrzeugen haben sich auf dem Euphrat selbst auch jene mit Luft gefüllten Schläuche und die von Schläuchen getragenen Flösse in Gebrauch erhalten, welche auf assyrischen Sculpturen dargestellt sind und welche Herodot I, 194 so ausführlich beschreibt. Diese Fahrzeuge konnten nach Herodot nur zur Thalfahrt benützt werden, und ihre hauptsächliche Fracht war Dattelwein. Schon im vorigen Jahrhundert wurde Renell durch die Uebereinstimmung dieser Schilderung mit den heutigen Fahrzeugen in Erstaunen versetzt.

Das Fahrzeug Ḫasîs-Adra's ist von schwarzer Farbe gewesen; es war wahrscheinlich geheftet; die reichliche Verwendung von Erdpech beim Schiffbaue ist eine im strengsten Sinne des Wortes vorsintfluthliche Sitte, die sich bis zum heutigen Tage erhalten hat.

3. Die Warnungen. Was uns über die physischen Vorgänge bei der Sintfluth mitgetheilt wird, kann in drei Gruppen gebracht werden, nämlich die Warnungen, das Ereigniss selbst und der Abschluss. Die Schwierigkeit einer schärferen Erfassung liegt hauptsächlich in der weitgehenden Personificirung aller Naturkräfte, doch ist diese, wie ich meine, nicht nach allen Richtungen unüberwindbar.

Alle Warnungen kommen, was wohl zu beachten ist, von Êa, dem weisen Gotte des Meeres und der Tiefe. Er sass mit zu Rathe, als die Götter die Anrichtung der Sintfluth beschlossen, und sagte seinem treuen Diener Ḫasîs-Adra das drohende Strafgericht voraus:

Col. I. 20. . . . *Höre . . . und merke auf . . .*

21. *Mann von Surippak, Sohn des Ubara-Tutu (Otiartes),*

22. *verlasse das Haus, baue ein Schiff; rette was du von lebenden Wesen finden kannst;*

23. *sie wollen vernichten den Samen des Lebens; erhalte du am Leben*

24. *und bringe hinauf Samen des Lebens von jeglicher Art in das Innere des Schiffes.*[27]

Von welcher Art können diese Warnungen des Meeresgottes gewesen sein? Ich meine, es können dies nur kleinere, wahrscheinlich seismisch erregte Fluthen gewesen sein, ein sich wiederholendes Hinausspülen des Meeres über seine Ufer, welches zugleich den Euphrat staute und in der nicht weit vom Meere gelegenen Stadt Surippak Furcht erweckte und diese Vorsichtsmassregel veranlasste.

Die letzte Warnung, welche der Besteigung des Schiffes unmittelbar vorangeht, ist allerdings von etwas anderer Art:

Col. II. 30. *Als nun die Sonne die bestimmte Zeit machte,*
31. *da sprach eine Stimme(?): am Abend werden die Himmel Verderben regnen.*
33. *Die bestimmte Zeit ist herangekommen,*
34. *sprach die Stimme(?), am Abend werden die Himmel Verderben regnen.*

Auffallend ist, dass die sonst so allgemeine Personificirung der Naturkräfte hier nicht durchgeführt, sondern eine ‚Stimme' als redend eingeführt ist, als würde es sich um eine ganz ungewohnte Erscheinung, vielleicht um ein seismisches Dröhnen, einen Rombo, handeln. Weitere Vermuthungen müssen aber hier unterbleiben. Die vorstehenden Zeilen sind leider nur auf einem Exemplare der Sintfluth-Tafeln erhalten, und der Text ist an beiden Stellen, an welchen das hier durch ‚Stimme' übersetzte Wort *kukru* vorkommt, sehr verwischt. In anderen Texten aber wurde dieses Wort noch nicht angetroffen.

4. Die Katastrophe. Der wichtigste Theil der Schilderung betrifft das Ereigniss selbst; er fällt in den Schluss von Col. II und die leider sehr verstümmelten ersten Zeilen von Col. III, welche auch durch ein neuerdings gefundenes Bruchstück nur wenig vervollständigt worden sind. Nachdem dem Steuermanne Buzurkurgal das Schiff übergeben ist (II, 39), folgt ein Theilstrich; hierauf:

Col. II. 40. *Da erhob sich Mû-šêri-ina-namâri*
41. *vom Grunde des Himmels, schwarzes Gewölk,*
42. *in dessen Mitte Rammân seinen Donner krachen liess,*
43. *während Nebo und Sarru auf einander losgehen,*
44. *die ‚Thronträger' über Berg und Land schreiten.*

Col. II. 45. *Die Wirbelwinde(?) entfesselt der gewaltige Pestgott.*
46. *Adar lässt unaufhörlich die Canäle(?) überströmen,*
47. *die Anunnaki bringen Fluthen herauf,*
48. *die Erde machen sie erzittern durch ihre Macht,*
49. *Rammân's Wogenschwall steigt bis zum Himmel empor:*
50. *Alles Licht verfällt der (Finsterniss).*

Col. III. 1. *In einem Tage . . . der Erde ver(wüsten) sie wie . . .*
2. *rasend wehte (hantis iziqâ-ma) . . . Berg (?)*
3. *die führen sie herbei (zum) Kampfe gegen die Menschen.*
4. *Es sieht der Bruder nicht mehr nach dem Bruder, die Menschen kümmern sich nicht mehr um einander. Im Himmel*
5. *fürchten sich die Götter vor der Sintfluth und*
6. *suchen Zuflucht, steigen empor zum Himmel des Gottes Anu.*
7. *Wie ein Hund auf seinem Lager, kauern sich die Götter an dem Gitter des Himmels zusammen.*

Diese Verse lassen sich in folgende Gruppen theilen: a) Col. II, 40—45 betreffen Vorgänge in der Atmosphäre; b) 46—48 beziehen sich auf die Erde; c) 49, 50 beziehen sich auf beide; d) Col. III, 1—3 sind leider in ihrer heutigen Unvollständigkeit unverwendbar; e) 4—7 schildern den Eindruck auf Menschen und Götter. Aus der pragmatischen Anordnung des Stoffes ergibt sich zugleich die gewaltige und ergreifende Steigerung, welche von dem ersten Erscheinen einer Wolke am Horizont bis zu der Flucht der erschreckten Götter führt.

a) Die Atmosphäre. (Col. II, 40—45.) Delitzsch deutet den Ausdruck in Z. 40 mit: ,Wasser der Morgenröthe bei Tagesanbruch.' Rammân ist der gewaltige Wettergott. Auf schweres Gewölk ist Gewitter gefolgt, dann Wirbelwind. Welche Naturerscheinung aber sind die über Berg und Land schreitenden ,Thronträger'?

Werfen wir einen Blick auf das untere Mesopotamien. ,So selten,' schreibt Schläfli, ,eigentliche Stürme sind, um so häufiger erscheinen Wirbelwinde. Der Form nach die überraschendste Aehnlichkeit mit einer Wasserhose darbietend und nur scheinbar

in der weisslichen Färbung von ihr unterschieden, schwebt die Colonne aufgewirbelten Sandes und Staubes majestätisch und leicht die Wüste einher, sich mit ihrem oberen Theile in dem blauen, wolkenlosen Aether verlierend. . . . Ich erinnere mich, während meiner Fahrt von Mossul nach Bagdad Mitte Juni vorigen Jahres (1861?) in einem Moment eilf solcher Staubsäulen gezählt zu haben.‘ [28]

Diese Säulen schweben allerdings wie Stützen des Himmels dahin. Der staubtragende Sturm mag aber gar gewaltige Macht erreichen. Ein Beispiel trat in Bagdad am 20. Mai 1857 ein, als bei SW.-Wind zuerst die Sonne getrübt wurde und das Aussehen des Mondes annahm. Dann, um 5 Uhr Nachmittags, erschien, nach der Schilderung des Dr. Duthieul, eine dunkle Staubwolke; sie hüllt in einem Augenblicke die ganze Stadt ein und dringt in Höfe und Zimmer. In weniger als einer Viertelminute tritt man vom Tage in die finsterste Nacht. Die Wirkung war erschreckend; man konnte sich nicht mehr zurecht finden, nicht einmal in den Häusern. Diese Finsterniss, stärker als jene der finstersten Nächte, dauerte fünf Minuten. . . . Die erschreckten Einwohner glaubten, das Ende der Welt breche herein. In der That liess der Lärm der erhobenen Winde und das ganze Schauspiel selbst die ruhigsten Geister irgend ein grosses Kataklysma befürchten. Der Staub war ziegelroth. Der Sturm wurde in sehr entfernten Theilen des Landes verspürt. Schläfli nennt ihn eine Staubtrombe; Duthieul meint, dass dieser heftige Sturm nicht die Gestalt einer Trombe gehabt, sondern dass die Staubmasse weithin gleichmässig über das Land sich bewegt habe. [29]

b) Die Erde. (Col. II, 46—49.) Das Ueberströmen der Canäle ist eine Erscheinung, welche bei heftigeren Erschütterungen des Bodens selbstverständlich ist, hier aber durch Sturm und Rückstau vermehrt sein mag.

Von grosser Bedeutung scheint mir Z. 47. Die *Anunnaki* sind, wie namentlich Haupt gezeigt hat, die Geister der Tiefe, die Geister der grossen unterirdischen Wasser. Sie sind es, welche die Erde erschüttern und welche aus der Tiefe ‚Fluthen bringen‘. Dieses Heraufstreten von Wässern aus der Tiefe entspricht den oft genannten Stellen des elohistischen Berichtes Gen. VII, 11:

Rupti sunt omnes fontes abyssi magni et cataractae caeli apertae sunt (da aufbrachen alle Brunnen der Tiefe und thaten sich auf die Fenster des Himmels; Luth.) — und VIII, 2, nach dem Ereignisse: *Et clausi sunt fontes abyssi et prohibitae sunt pluviae de caelo (Und die Brunnen der Tiefe wurden verstopfet, und dem Regen vom Himmel ward gewehret; Luth.).*

Das Izdubar-Epos meldet also wirklich, dass Wasser aus der Tiefe gekommen sei, und in der biblischen Darstellung ist an zwei Orten das Wasser aus der Tiefe im Gegensatze zum Regen vom Himmel genannt. Dieses Hervortreten grosser Wassermengen aus der Tiefe ist aber ein Phänomen, welches in bezeichnender Weise die Erderschütterungen in den Alluvialgebieten grosser Flüsse begleitet. Es breitet sich in diesen grossen Flächen zu beiden Seiten des Stromes weithin das Grundwasser in den jungen Ablagerungen aus, und seine obere Grenze steigt allmälig gegen rechts und gegen links mit der Entfernung vom Strome mehr und mehr über den Stand des Mittelwassers. Was unter dieser Grenze liegt, ist durchfeuchtet und beweglich; der Boden über derselben ist trocken und brüchig. Treten nun seismische Undulationen in solches Gebiet, so bricht der spröde obere Theil des Bodens in langen Spalten auf, und aus den Brüchen tritt gewaltsam bald in grossen Massen, bald in vereinzelten, selbst mehrere Meter hohen Strahlen das Grundwasser rein oder als schlammige Masse hervor.

So ist es in kleinerem Maassstabe eingetreten, als am 9. November 1880 die Alluvien der Save bei Agram erbebten; ebenso in etwas grösserem Maassstabe, als am 10. October 1879 die Auen der Donau bei Moldowa erschüttert wurden; so in noch weit grösserem Maassstabe an der unteren Donau bei dem wallachischen Erdbeben vom 11. (23.) Januar 1838, bei welchem das junge Schwemmland von der Dimbowitza bis über den Sereth-Fluss hinaus von zahlreichen Spalten durchschnitten wurde, aus welchen das Wasser an vielen Orten ‚klafterhoch' emporsprudelte.[30]

Dasselbe ist in den Alluvien des Mississippi eingetreten, als sein Flussgebiet am 6. Januar 1812 in der Nähe der Stadt New-Madrid, nicht weit unterhalb des Einflusses des Ohio, erschüttert wurde. Wir besitzen einen drastischen und lesenswerthen Bericht über das Schwanken und Aufbrechen des Bodens von dem

Augenzeugen Bringier. Indem die unterirdischen Wassermengen sich den Durchweg erzwangen, wurde die Erde mit lauten Explosionen in die Höhe getrieben. Sie stürzte allerorten hervor, eine ungeheure Menge verkohlten Holzes mitbringend, welches meist in Staub verwandelt war, der 10 bis 15 Fuss hoch emporgeschleudert wurde. Unterdessen sank die Oberfläche und eine schwarze Flüssigkeit erhob sich bis zum Unterleibe des Pferdes.[31] Es widerspricht diesen Angaben nicht, dass durch dieselbe Erderschütterung ein kleiner bestehender See, Lake Eulalie bei New-Madrid, plötzlich durch Spalten entwässert wurde.[32] In diesem Falle lag der See, wie dies so oft vorkommt, in einem gedichteten Bette und er entleerte sich in das tiefer liegende Grundwasser.

Am 12. Januar 1862 wurde die ganze südliche Umgebung des Baikal-Sees von einem heftigen Schlage getroffen, und zwar insbesondere das Delta des in denselben mündenden Flusses Selenga. Die Steppe östlich vom Selenga, auf welcher sich eine Burjäten-Niederlassung befand, senkte sich auf eine Länge von etwa 21 Km. und eine Breite von 9·5—15 Km. zur Tiefe, Wässer brachen allenthalben hervor, wurden auch aus den Brunnen hervorgestossen, endlich trat das Wasser des Baikal in die grosse Senkung und füllte sie ganz mit Wasser an. Springquellen entstanden an vielen Orten, so zwischen dem Dorfe Dubinin und der Steppe Sagansk. In der Ortschaft Kudara wurden die Holzdeckel der Brunnen wie Stöpsel aus Flaschen in die Höhe geschleudert, und es erhoben sich Quellen von lauem Wasser stellenweise bis zur Höhe von drei Sagenen (6·4 M.). Die Erschütterung erstreckte sich südwärts über Kjachta bis gegen Urga und die Mongolen wurden durch dieselbe so erschreckt, dass sie die Lama's zu religiösen Ceremonien veranlassten, um die bösen Geister zu beruhigen, welche nach ihrer Meinung die Erde bewegten.[33]

Die Erdbeben in dem Unterlaufe des Indus, Ganges und Brahmaputra haben zahlreiche Beispiele des mächtigen Emporschleuderns von Grundwasser aus dem gesprengten Alluvialboden gegeben, von welchen einige an späterer Stelle angeführt werden sollen. —

Das sind die Fluthen, welche die Anunnaki heraufbringen, die aufgebrochenen Brunnen der Tiefe, welche die Genesis anführt,

für den Geologen meines Erachtens der Beweis, dass es sich hier um eine seismische Erschütterung in einem breiten Flussthale handelt. Nie hat man solche Erscheinungen in grösserem Maassstabe ausserhalb der grossen Grundwasserniederungen wahrgenommen, und sie wären auch ausserhalb derselben ganz unverständlich.

Col. II, 46—49 bedeuten daher: Schwankungen des Wassers in den offenen Gerinnen, Hervorbrechen des Grundwassers des Euphrat unter gleichzeitigem Erzittern des Bodens.

c) Dritte Gruppe. (Col. II, 49, 50.) Es ist wohl zu bemerken, dass bis hieher noch keine Rede von der Hochfluth ist, ja das Schwanken des Wassers in den Canälen und die Erscheinungen des Grundwassers lassen sich überhaupt nur vor einer ausgebreiteten Ueberfluthung beobachten. Erst mit Z. 49 tritt uns diese entgegen. Sie lautet:

49. *Rammân's Wogenschwall steigt zum Himmel empor.*

In den ersten Worten, in welchen die Fluth erwähnt wird, steigt sie schon zum Himmel, und nicht Êa, der Meeresgott, welcher vielmehr der wohlwollende Warner gewesen ist, sondern Rammân, der Wettergott, wird genannt. Das sind wohl nicht nur sturmgepeitschte Wogen einer seismisch erregten Ueberfluthung. Vor solchen Wogen wären die Götter nicht in den Himmel Anu's oder, wie einzelne Keilschriftforscher diese Stelle deuten wollten, aus der Sphäre der Planeten in jene der Fixsterne geflohen.

Plötzlich und furchtbar sind die Ueberschwemmungen, welche durch Cyklonen herbeigeführt werden. Sie kommen nur in der Nähe des Meeres vor, entweder auf Inseln, oder in den Niederungen des Unterlaufes grosser Ströme. In einer Breite von hunderten von Seemeilen nähert sich die Cyklonenwelle dem Festlande, und wird sie durch den sich verengenden Umriss des Meeres gestaut, so erhebt sie sich mehr und mehr und stürzt endlich über das Flachland verwüstend hin. Geradezu grauenvoll sind die Folgen, welche man auf den westindischen Inseln und an den ostindischen Flussmündungen erlebt hat; ich werde Beispiele aus unseren Tagen anzuführen haben, in welchen der Verlust an Menschenleben, welcher in einer einzigen Nacht eintrat, auf ein- bis zweimalhunderttausend Seelen geschätzt wird. In der Regel fallen überaus

heftige, von den heutigen Beobachtern oft geradezu als ‚sintfluthartig' bezeichnete Regenmassen, namentlich an der Vorderseite des vorschreitenden Wirbelsturmes vom Himmel; häufig treten zugleich starke Gewitter auf.

In einzelnen Fällen sind auch Erderschütterungen zugleich mit Cyklonen beobachtet worden, so in der noch weiter zu erwähnenden verhängnissvollen Nacht vom 11.—12. October 1737 bei Calcutta. Als der sogenannte ‚grosse Orkan' vom 10. October 1780 über die westindischen Inseln hin gerast, in S. Pierre auf Martinique das Meer 25 Fuss hoch erhoben und auf dieser Insel 9000, auf S. Lucia 6000 Menschen ertränkt und unermessliche Verheerungen angerichtet hatte, drückte Sir G. Rodney seine feste Ueberzeugung aus, dass so gewaltige Zerstörung der festesten Gebäude nur durch ein Erdbeben möglich sei, und dass nur die Heftigkeit des Sturmes die Einwohner verhindert habe, dasselbe zu bemerken.[34] —

Wir kehren zum Texte des Izdubar-Epos zurück.

Es meldet nun Z. 50 den Eintritt der Finsterniss.

Am 2. September 1860 gerieth die preussische Kriegscorvette ‚Arkona' an der japanesischen Ostküste in einen Wirbelsturm, welchen sie in ruhmvoller Weise bestanden hat. ‚Um acht Uhr (Morgens),' heisst es in dem Berichte, ‚wurde es so dunkel, dass man das Ende des Schiffes nicht mehr sehen konnte; Meer und Wolken schienen sich zu verschlingen. Die Wogen standen Mauern gleich, und der Sturm peitschte den Wasserschaum wie dichten Nadelregen durch die Luft. See- und Regenwasser ergoss sich in Strömen über das Deck und durch alle Oeffnungen in die Batterie hinunter; Wind und Wellen rauschten nicht mehr; Alles bebte und donnerte. . . .'[35]

Das ist Rammân, der die Wogen zum Himmel hebt, bis die zitternden Götter selbst nach höheren Sphären entfliehen, und welcher alles Licht verfallen lässt der Finsterniss. Und die Worte, in welchen unmittelbar nach der Thätigkeit der Anunnaki sein Eingreifen geschildert wird, legen die Vermuthung nahe, dass mit dem Erdbeben eine Cyklone aus dem persischen Meerbusen in die mesopotamische Ebene getreten ist. In ähnlicher Weise ist am 1. Mai 1769 ein heftiges Erdbeben in Bagdad, welches tausende

von Häusern niederwarf, von einem furchtbaren Sturme und von einem ‚sintfluthartigen' Regen und Hagel begleitet gewesen.[36]

Die verheerendste Naturerscheinung der Gegenwart, die von einer Erschütterung der Erde begleitete Cyklone, ist zugleich jene, welche der Darstellung Ḫasîs-Adra's von dem grössten Naturereignisse des Alterthums am Genauesten entspricht.

Die drei nachfolgenden Verse, Col. III, Z. 1, 2, 3, sind, wie gesagt, leider zu unvollständig, um eine nähere Deutung zuzulassen. Man erkennt aus den losen und von den verschiedenen Uebersetzern in abweichender Weise wiedergegebenen Worten nur, dass hier eine Fortsetzung der Schilderung des Naturereignisses gegeben war.

Col. III, 4 schildert den Eindruck auf die erschreckten Menschen, 5—7 jenen auf die Götter; ich habe dem über die letzteren Zeilen bereits Gesagten nichts mehr hinzuzufügen.

5. Weiterer Verlauf und Ende der Katastrophe. Es folgt die Klage der hehren Menschenmutter Istar über den Vernichtungskampf gegen die Menschen, und die Götter klagen mit ihr über die Anunnaki; hierauf:

Col. III, 19. *Sechs Tage und sieben Nächte*
20. *behält Wind, Sintfluth (Wirbelsturm) und Sturm die Oberhand,*
21. *beim Anbruche des 7. Tages (aber) liess der Sturm nach, die Sintfluth (Wirbelsturm), die einen Kampf*
22. *geführt wie ein (gewaltiges) Kriegsheer,*
23. *beruhigte sich; das Meer nahm ab und Sturm und Sintfluth (Wirbelsturm) hörten auf.*
24. *Ich durchschiffte das Meer jammernd,*
25. *dass die Wohnstätten der Menschen in Schlamm verwandelt waren;*
26. *wie Baumstämme trieben die Leichen umher.*
27. *Eine Luke hatte ich geöffnet, und als das Tageslicht auf mein Antlitz fiel,*
28. *da zuckte ich zusammen und setzte mich weinend nieder,*
29. *über mein Antlitz flossen meine Thränen.*

Die Zeilen 19—23 besprechen Dauer und endliche Abnahme des grossen Ereignisses. Die Zeit von 6 Tagen und 7 Nächten ist weit kürzer als die biblischen Zeitangaben und nähert sich mehr den ähnlichen Erfahrungen der Gegenwart.

In Z. 20 nennt der Urtext drei Substantiva: *sâru, abûbu* und *mêḫû*. Das erste Wort wird übereinstimmend mit ‚Wind' übersetzt; das dritte bedeutet nach Paul Haupt sicher ‚Sturm'; Lenormant sagt ‚*la pluie diluvienne*'. Das zweite Wort *abûbu* hat mehrfache Deutungen erfahren. So wie im hebräischen Texte das Wort *mabbûl* als der bezeichnende Gesammtausdruck für die Katastrophe der Sintfluth gebraucht wird, ist dies hier z. B. I, 13. III, 20, 21, 23 und IV, 14, 17 und folg. der Fall mit dem Worte *abûbu*. G. Smith übersetzt dasselbe ‚*deluge*', Lenormant ‚*la trombe diluvienne*'; Paul Haupt hatte ‚Sturmfluth' oder ‚Fluth' gebraucht, doch ist nach dessen gütigen Mittheilungen auch die Uebersetzung durch ‚Trombe' nicht ausgeschlossen.[37]

Ein ähnlicher Zweifel herrscht in Z. 22 über das nur hier vorkommende Wort *ḫâltu*, welches von den früheren Uebersetzern mit ‚Erdbeben', von Haupt besonders des Zeitwortes ‚kämpft' wegen mit ‚Kriegsheer' wiedergegeben wurde (Haupt, Exc. S. 73, 74). Haupt übersetzt: . . . *die Fluth, die einen Kampf geführt, wie ein (gewaltiges) Kriegsheer, beruhigte sich.* Die von Lenormant gegebene Uebersetzung lautet dagegen: *La trombe terrible, qui avait assailli comme un tremblement de terre, s'apaisa.*

Z. 23 b: Das Meer nahm ab; nach Haupt, Exc. S. 74, wörtlich: ‚*er machte das Meer sich in sein Becken zurückziehen*'. Diese wörtliche Uebersetzung wird nach Dr. Haupt, welchem ich so viele gütige Unterstützung bei diesen Studien verdanke, bestätigt durch zwei Stellen der ersten Tafel des Izdubar-Epos. — Dies würde abermals zeigen, dass die Fluth vom Meere gekommen sei, wofür sich bald ein weiteres Anzeichen ergeben wird.

In Z. 24—29 hat offenbar das Tosen des Sturmes bereits aufgehört. Höchst anschaulich zeigen diese Stellen den Zustand nach der grossen Fluth, die Verschlämmung der Wohnstätten, das Treiben der Leichen und den tiefen Eindruck auf das Gemüth der Ueberlebenden. Wir gelangen nun zu der Strandung des Fahrzeuges.

6. Die Strandung. Die auf diesen Theil bezüglichen Zeilen lauten nach einigen wesentlichen Veränderungen, welche Dr. Haupt mir mitzutheilen die Güte hatte:

Col. III. 30. *Ich schaute die Himmelsrichtungen (oder: wohin ich auch blickte) ein furchtbares Meer*

31. *nach den zwölf Himmelshäusern (d. i. nach allen Richtungen der Windrose) kein Land.*

32. *(Willenlos) trieb das Schiff nach der Gegend von Nizir,*

33. *da fasste ein Berg der Gegend von Nizir das Schiff und liess es nicht nach der Höhe zu weiter.*

34. *Am 1. und am 2. Tage hielt der Berg von Nizir das Schiff und liess es nicht u. s. w.*

35. *(auch) am 3. und 4. Tage hielt der Berg u. s. w.*

36. *(ebenso) am 5. und 6. Tage hielt der Berg u. s. w.*

Beim Anbruch des 7. Tages lässt nun Ḫasîs-Adra eine Taube heraus.

Für Z. 31 schliesst sich hiemit Dr. Haupt einer früher von J. Oppert gegebenen Deutung an.

Ueber die Lage der Gegend Nizir gibt eine Inschrift Aufschluss, welche von einem Kriegszuge des Königes Asûr-nâçir-pal berichtet. Sie ist östlich vom Tigris, jenseits vom unteren Zab etwa zwischen dem 35. und 36. Breitengrade zu suchen. Es scheint mir aber nach dem mitgetheilten Texte keine Nöthigung oder gar irgend ein Beweis für die Annahme vorhanden zu sein, dass die Strandung tief im Gebirge oder gar auf einem der Hochgipfel erfolgt sei. [38]

Das Hochgebirge, welches Persien von der mesopotamischen Niederung trennt, besteht aus einer einseitigen Kette, deren älteste Glieder gegen Nordost den Elwend bilden. Diesen folgen gefaltete Züge von mesozoischem und nummulitenführendem Kalkstein; gefaltete, auch überfaltete miocäne Thonmassen, welche Gyps, Salz und Asphalt führen, setzen im Südwesten die äussere Zone des grossen Gebirgszuges zusammen.

Der ganze untere Lauf des unteren Zab fällt nach Loftus in die Zone dieser miocänen Vorhügel.

Die Inschrift Asûr-nâçir-pal's lautet an der betreffenden Stelle: *‚Im Monate Tischrît, den fünfzehnten Tag, verliess ich die Stadt*

Kalzu und trat ich ein in das Gebiet der Stadt Babitê. Ich verliess Babitê und näherte mich dem Lande Nizir, welches man auch Lullu-Kinipa nennt. Ich nahm die Stadt Bunasi, ihre feste Stadt und 30 geschlossene Städte ihrer Grenze. Die Männer hatten Furcht und zogen sich zurück in das unzugängliche Gebirge. Aber Asûrnâçir-pal, welcher als der Erste in ihrer Verfolgung marschirte, ging sie aufzusuchen wie Vögel. Er zerstreute ihre Leichname in den Bergen des Landes Nizir. Er hieb in Stücke 326 ihrer Krieger; er nahm ihre Pferde. Er tödtete den Rest in den Schluchten und Einrissen des Berges. . . .‘ So bei Lenormant, Orig. II a, p. 10, 11. Nach Oppert, Expéd. Mésop., folgen die Worte: ‚*Die majestätischen Spitzen dieser Berge sind gerade wie ein Dolch. Verborgen vor meinen Kriegern, erstieg ich ihre Zufluchtsstätten. . . .‘* Und eine spätere Stelle lautet: ‚*Ich verliess die Stadt Kalzu; ich kreuzte den unteren Zab und ich trat ein in das Land der unmittelbaren Nähe der Stadt Babitê.‘*

Kalzu (Kakzi bei Oppert) wird mit Schamâmek bei Erbil (Arbela) identificirt, d. i. die Landschaft Schemamlik am Fusse des Dehir Dagh.

Vergleicht man diese Angaben mit Cernik's Darstellung, so lässt sich Folgendes erkennen:

Der assyrische König trat seinen Marsch an derselben Stelle an, über welche mehr als fünfhundert Jahre später nach der unglücklichen Schlacht bei Gaugamela das grosse Heer des Darius Codomanus vor dem siegreichen Alexander gegen Arbela floh. Die Seehöhe beträgt hier etwa 290—325 M. Die Stadt Babitê war am selben Tage zu erreichen und muss in unmittelbarer Nähe des unteren Zab gelegen sein. Der Zug ging gegen OSO. Es waren Kriegswagen dabei; der Fluss wird in der Nähe des heutigen Strassenzuges, d. i. nicht weit von Altyn-Kjöprü gekreuzt worden sein. Unter dem Lande Nizir wird man das Land zu verstehen haben, welches durch die miocänen Höhenzüge des Karatschok Dagh, Baruwân Dagh und weiter gegen Süd durch den nördlichen Theil des Djebel Hamrin von der Ebene des Tigris abgetrennt ist. Mehrere Flüsse, unter ihnen auch der untere Zab, durchbrechen in engen Schluchten diese Höhenzüge, und die

tertiären Conglomeratbänke bilden häufig wild zerrissene Felswände von beträchtlicher Höhe.[39]

Die Seehöhe dieser dem Lande Nizir vorliegenden Berge beträgt im Durchschnitte etwa 300 M.; die eingerissenen Flüsse liegen viel tiefer. Ich finde aber keine Veranlassung zu der Annahme, dass diese Berge überfluthet worden seien.

Das Fahrzeug treibt über die grosse Niederung dahin, geräth in das Gebiet des tiefer liegenden Tigris und strandet an dem Gehänge eines dieser gegen Nordost und Nord die Niederung begrenzenden miocänen Vorberge. Es erreicht nicht den Gipfel des Berges, aber die Geretteten verlassen dann das Schiff und ersteigen den Berg, denn es heisst an späterer Stelle:

Col. III, 46. *Ich richtete her einen Altar auf dem Gipfel des Berges....*

Entscheidend für das Wesen der ganzen Katastrophe aber scheint mir, dass das Fahrzeug entgegen dem Gefälle der Flüsse vom Meere hinweg landeinwärts getrieben worden ist. Jede nach der verbreiteten Auffassung des Ereignisses vornehmlich durch Regen veranlasste Fluth hätte dasselbe sicherlich vom unteren Euphrat in's Meer hinausgetragen.

Es ist aber diese allgemein verbreitete Auffassung des biblischen Berichtes durch diesen selbst kaum sicher zu begründen. Schon im vorigen Jahrhunderte haben hervorragende Exegeten behauptet, dass (den hebräischen Texten fehlte bekanntlich ursprünglich die Vocalisirung) in Gen. VI, 17 und VII, 6 anstatt ‚*majim*', *aquae*, Wässer, — ‚*mijam*', *a mari*, vom Meere, gelesen werden solle. So übersetzte schon vor mehr als hundert Jahren J. D. Michaelis, welchen Bunsen einen der Begründer der neueren Bibelforschung nennt, die betreffenden Stellen:

VI, 17. *Ich aber will von der See her eine Ueberschwemmung über die Erde bringen, um alle beseelten Leiber unter dem ganzen Himmel zu vertilgen.*

Und ferner:

VII, 6. *Noach war damals sechshundert Jahre alt, als die Ueberschwemmung von der See her über die Erde einbrach, und er ging selbst nebst seinen Söhnen, seiner Frau und seiner Söhne Frauen in das Schiff, um dem Wasser der Sündfluth zu entkommen.*

Hiezu wird die sehr vernünftige Bemerkung gemacht: ‚In der That muss die Sündfluth hauptsächlich aus der See entstanden seyn, denn die Luft kann bey weitem so viel Wasser nicht halten, als zu ihr erfordert wird, folglich auch nicht im Regen herabschütten.‘ [40]

Gegen diese Auslegung, welche mehrere hervorragende Bibelforscher des vergangenen Jahrhunderts theilten, wird eingewendet: ‚Die Aenderung von *majim* in *mijam* sei unnöthig und unzulässig, weil ja auch der Regen besonders stark mitwirkte.‘ [41] Wie ausserordentlich aber durch dieselbe die biblische Erzählung den heutigen Erfahrungen über ähnliche Ereignisse genähert wird, bedarf keiner Erläuterung.

7. Abschluss, Zeit des Ereignisses. Die noch folgenden Theile der Erzählung Ḫasîs-Adra's sind namentlich in ihren engen Beziehungen zu dem biblischen Texte von äusserstem Interesse, aber sie bieten keinen wesentlichen Aufschluss über die hier berührten Fragen.

Die Episode der Aussendung der Vögel wurde behandelt von Delitzsch und Eb. Schrader, welche die grössere Ursprünglichkeit des chaldäischen Berichtes und die überraschende Gleichartigkeit einzelner Zeilen des biblischen Textes hervorheben. Die grossen Bogen Anu's, welche die Göttin Istar in die Höhe hebt vor ihrem Gelübde, der Regenbogen der Genesis, sie bestätigen den Regen. Êa, der Gott des Meeres, tritt besänftigend auf, und er ist es, welcher den streitbaren Bêl auffordert, keine Sintfluth mehr zu veranstalten. [42] —

Nach dem bisher Gesagten haben wir als den Schauplatz dieser Vorgänge das untere Stromgebiet Mesopotamiens von der nahe dem Meere am Euphrat liegenden Stadt Surippak bis zu den Abdachungen der Berge von Nizir jenseits des Tigris zu betrachten. Es ist jedoch gegen diese Auffassung vor Kurzem von hochachtbarer Seite eingewendet worden, dass die ganze Färbung des chaldäischen Berichtes eine specifisch babylonische sei; dieser Bericht sei ‚babylonisch localisirt‘. Trotz dieser Localisirung zeige derselbe doch keine einleuchtende Anknüpfung an die klimatischen Verhältnisse des Landes, und zwar wird bemerkt, erstens: dass die Ueberfluthung nicht in Bezug stehe mit den periodischen Hochwässern der Flüsse im November und im Frühjahre, und

zweitens: dass gar nicht einzusehen sei, warum das von einem Steuermanne geleitete Schiff so weit gegen Nord gefahren sei. Verständlich werde die Sache nur, wenn auch in der babylonischen Sage die Abkunft der neuen Menschheit vom Norden her noch ein feststehender Zug war. Dann aber sei sicher, dass Babylonien nicht die ursprüngliche Heimat der Fluthererzählung war.[43]

Diese Einwürfe scheinen mir nur aus jener, wenn ich so sagen darf, binnenländischen Auffassung dieses grossen Naturereignisses hervorzugehen, welche in dem Regen die Hauptquelle der Ueberfluthung zu sehen geneigt ist, obwohl, wie bereits erwähnt worden ist, bei so grossen Fluthen der Regen nur als eine Nebenerscheinung auftritt. Die Fluth kam, wie alle grossen Fluthen der heutigen Tage, vom Meere her; Erdbeben und Cyklone stehen in keinen Beziehungen zu den periodischen Anschwellungen der Flüsse, und sie sind auch die Ursache gewesen, dass das Schiff so weit gegen Nord getrieben wurde.

Die Untersuchungen über die genaueren Angaben von Tag und Monat des Beginnes der Sintfluth, welche sich bei Berosus und in Gen. VII, 11 finden, sowie über Rawlinson's merkwürdigen Vergleich der Gesänge des Izdubar-Epos mit den Zeichen des Thierkreises fallen nicht in den Bereich meiner Aufgabe. Das genauere Datum der Sintfluth hat Bosanquet in London geglaubt auf Grund der Beobachtungen über Sonnenfinsternisse im Alterthume feststellen zu können. Dieser Versuch führte auf das Jahr 2379 v. Chr.; ich erwähne diese Ziffer nur der Vollständigkeit halber. Allen Anzeichen nach fällt die Katastrophe in eine viel frühere Zeit.[44]

Hiemit breche ich vorläufig die Betrachtung des Izdubar-Epos ab, um der Sintfluth ähnliche Ereignisse aus unseren Tagen zu besprechen. Diese sind, wie die Berichte aus den letzten Jahrzehnten lehren, weit häufiger als man im mittleren Europa vorauszusetzen gewöhnt ist. Als Beispiele wurden die Vorkommnisse an den Mündungen des Indus und des mit dem Brahmaputra vereinigten Ganges gewählt. Dann erst soll zu abermaliger Erörterung der von Ḫasîs-Adra geschilderten Katastrophe und zu einer kurzen Prüfung jener Sintfluth-Sagen anderer Völker geschritten werden, aus welchen man die Ausbreitung der Katastrophe über die ganze Oberfläche des Planeten zu erweisen versucht hat.

B. Neuere Vorgänge an den ostindischen Flüssen.

Ḫasîs-Adra bringt das Opfer dar; wie Fliegen sammeln sich die Götter über demselben und saugen den wohlriechenden Duft ein. Und die Menschenmutter Istar, nachdem sie die grossen Bogen (?) aufgerichtet, schwört nimmer zu vergessen dieser Tage, und der weise Êa ermahnt Bêl, er möge auf den Sünder fallen lassen seine Sünde und auf den Frevler seinen Frevel, aber eine Sintfluth *(abûbu)* möge er nicht mehr anrichten. Löwen mögen kommen, und Hyänen mögen kommen, und Hungersnoth und Pest, um die Menschen zu vermindern, aber die Sintfluth möge nicht wiederkehren.

Auch Noah bringt sein Opfer dar, und Jahveh riecht den angenehmen Duft und verspricht in seinem Herzen, keine allgemeine Vertilgung mehr folgen zu lassen.

Von Elohîm wird der Bogen in das Gewölke gesetzt und der Bund des Friedens aufgerichtet für alle Zeiten mit dem Menschen und aller lebenden Creatur.

Und die Euphratniederung, obwohl häufig noch von Erderschütterungen heimgesucht, ist in den letzten Jahrtausenden in der That der Schauplatz solcher Ueberfluthung nicht wieder gewesen. Die Flussmündungen sind durch Verlandung vorgeschoben, die befruchtenden Canäle vertrocknet, das Land ist verödet; an Babel sind die grässlichen Prophezeiungen Jeremiah's in Erfüllung gegangen, die stolzen Königsstädte sind zu formlosen Trümmerhaufen geworden, aber eine Sintfluth ist nicht wieder über dieses Land gekommen.

In den Niederungen anderer grosser Ströme sieht man jedoch in unseren Tagen noch oft das Wirken der Anunnaki und fühlt den Zorn des furchtbaren Rammân. Darum verlassen wir nun die Ueberlieferungen der Vergangenheit und wenden wir uns den Erlebnissen der Gegenwart zu.

Bei allen Völkern galten von jeher die Quellen als begnadete Orte, und in wasserarmen und heissen Gegenden in noch höherem Grade als im Norden. Aber die Vorgänge der Verdunstung und der Infiltration waren unbekannt, und in mannigfaltiger Weise

suchte man ihre Speisung zu erklären. Man sah auch den Wasserspiegel der Brunnen unter der Ebene. Das sind die ‚Wässer der Tiefe', welche aufbrechen und hervorsteigen bei Erderschütterungen, und indem sie sich an der Oberfläche entleeren, sinkt wohl auch ein beträchtliches Stück dieser Oberfläche in den durch die Entleerung entstehenden Hohlraum. So entstand, wie wir früher sahen, der neue Wasserspiegel auf der Stelle der Burjätenniederlassung in der Nähe des Baikal.

Im grössten Maassstabe ist dieses Hervorbrechen des Grundwassers und das Einsinken des Bodens in dem oft von Erderschütterungen heimgesuchten unteren Flussgebiete des Indus eingetreten.

Dieses Beispiel wollen wir zuerst betrachten.

Die Mündungen des Indus nehmen den weiten, flachen Theil der Küste zwischen Kurrachi im Nordwesten und Lukput im Südosten in Anspruch. Dieses Tiefland ist an der rechten Seite begrenzt durch die Höhenzüge, welche vom Khirthargebirge bis Cap Monze bei Kurrachi sich fortsetzen. Noch unter Haiderabad, bei Jerruck, und noch zwischen Tatta und Pirputta treten von diesem Gebirge her Felsmassen an den Strom und halten ihn fest, während schon weit oberhalb dieser Punkte grosse Arme von der linken Seite abgegangen sind. Die Frage, wohin unter solchen Verhältnissen das Haupt des Deltas zu verlegen sei, kann daher auf verschiedene Weise beantwortet werden, und wenn man es nach Tatta verlegt, umfasst man nur einen verhältnissmässig geringen Theil des weiten Schwemmlandes, welches unter dem Einflusse dieses gewaltigen und an Sinkstoffen sehr reichen Stromes aufgebaut worden ist.

Die Mündung des Hauptstromes steht, wie Tremenheere gezeigt hat, unter dem Einflusse von vorherrschend gegen Nordwest gerichteten Bewegungen des Meeres, so dass ein Theil seiner Sedimente bis in die unmittelbare Nähe von Kurrachi getragen wird. Die Mündung selbst ist nach derselben Richtung abgelenkt. Zahlreiche trockene Gerinne zwischen dem sehr weit oberhalb abzweigenden Narra und dem Indus deuten darauf hin, dass der gesammte Abfluss und mit ihm die Ausbildung des Delta's mehr und mehr gegen Nordwest gerückt worden sind.[45]

Cunningham schreibt dieses Drängen aller Flussläufe des Penjâb nach rechts der Rotation der Erde zu und stellt den Zeitpunkt des Verlassens des Narrabettes in's Jahr 680 n. Chr. Im Jahre 711 n. Chr. war der Hauptstrom bereits bei Rori in sein heutiges Bett eingegraben, er floss aber damals noch östlich von Haiderabad und erst um das Jahr 1592 scheint er sich westlich von dieser Stadt sein Bett gewählt zu haben.[46]

In der Niederung des Indus sind grosse und volkreiche Städte die Opfer von Naturereignissen geworden. Mit Tausenden von Einwohnern wurden sie wohl öfters binnen wenigen Augenblicken zerrüttet, und die Vernichtung der Bewässerungsanlagen oder die Ablenkung des Flusslaufes überhaupt verhinderte die Wiederaufrichtung durch die Ueberlebenden. Nach Jahrhunderten trifft dann der Reisende auf ausgedehnte Ruinen und auf die figurenreichen Bildwerke einer verlassenen Hauptstadt, an dem trockenen Gerinne des abgelenkten Flusses, und die Ergründung auch nur ihres Namens mag schon das Ziel des Ehrgeizes unserer Alterthumsforscher werden.

‚Ich reiste,' schrieb Ibn Batuta im Jahre 1333 unserer Zeitrechnung, ‚durch Sind zu der Stadt Lâhari, welche an den Küsten des Indischen Meeres gelegen ist, wo der Sind (Indus) sich mit demselben vereinigt. Sie hat einen grossen Hafen, in welchem Schiffe aus Persien, Yemen und aus anderen Gegenden anlegen. Wenige Meilen von dieser Stadt sind die Ruinen einer anderen Stadt, in welcher Steine in der Gestalt von Menschen und Thieren in fast unzähliger Menge angetroffen werden. Das Volk dieses Ortes sagt, es sei die Ansicht seiner Geschichtsschreiber, dass einstens an dieser Stelle eine Stadt gestanden sei, deren Einwohner zum grössten Theile so sündhaft gewesen seien, dass Gott sie, ihre Thiere, ihre Pflanzen und sogar die Samen in Stein verwandelte; und in der That sind die Steine in Gestalt von Samen hier beinahe zahllos.' Hier werden Nummulitenkalk und Sculpturen zusammengestellt. Es sind wahrscheinlich die Reste des berühmten Hafenortes Debal gemeint, welcher zwischen Kurrachi und Tatta lag.

Die Nachricht von solchen Städten ist vielfach gegen West und Nordwest gedrungen, und manche Uebereinstimmung mit

localen Sagen lässt vermuthen, dass Zobeïde's Erzählung in ‚Tausend und Eine Nacht', dass sie, von Bassora absegelnd, nach zwanzig Tagen in dem Hafen einer grossen Stadt Indien's gelandet sei und dort den König, die Königin und alles Volk in Stein verwandelt gefunden habe, sich auf eine der bildreichen zerstörten Städte des Indus-Delta's, vielleicht auf dasselbe Debal beziehe.[47]

Viel weiter im Lande, nordöstlich von Haiderabad, besuchten im Jahre 1854 Bellasis und Richardson die Ueberreste von Brahminabad, an dem trockenen Bette des Narra, einst einer weitläufigen und volkreichen, aus gebrannten Ziegeln erbauten Stadt, jetzt ein weiter Trümmerhaufe, aus dessen Mitte noch der untere Theil eines gewaltigen Rundthurmes aufragt. Offene Plätze, die Lage des Bazar's sind noch kennbar, und die ersten Aufgrabungen haben Skelete von Einwohnern in ihren Häusern, Münzen und Cameen, Bildhauerwerke, welche hier der Zerstörungswuth islamitischer Ikonoklasten entgangen waren, ja sogar kunstvoll gearbeitete Schachfiguren unter der wohl nahezu tausendjährigen Schuttdecke enthüllt. Die vollkommene Zerrüttung sehr starker Bauwerke, die Abwesenheit von Brandspuren, die Reste der Einwohner selbst und ihrer Habseligkeiten bestätigen die Sage, nach welcher die Stadt plötzlich durch ein Erdbeben zerstört worden ist.[48]

An dem östlichsten der alten Arme des Indus, dem Khori, nahe seiner Mündung, liegt die Stadt Lukput. Hier endet der von Südost her längs der Küste sich hinstreckende Höhenzug von Kachh, welcher den Ran of Kachh, eine südöstliche Erweiterung des Flachlandes der Mündungen, vom Meere abtrennt.

Die unübersehbare Ebene des Ran ist bald bei Südwest-Monsun von Lukput her mit Salzwasser überdeckt, bald bei Hochwässern im Indusgebiete durch die Gerinne des Bunass oder des Luni von Süsswasser überfluthet, bald weithin trocken und dann mit grossen, blendend weissen Salzflecken überstreut.

Wynne, welcher die geologische Karte von Kachh entworfen hat, schildert in anschaulichen Worten den belastenden Eindruck des Schweigens und der Einöde im Ran, in welchem ausser etwa selten einmal einer flüchtigen Heerde wilder Esel, kein lebendes

Wesen sichtbar wird und die Luft sich erfüllt mit den wunderbarsten Spiegelungen.[49]

Der dem Sanskrit entlehnte Name selbst zeigt das hohe Alter, denn *Kachchha* bezeichnet einen Sumpf und *Irina* (Ran) eine Salzwüste. Der grosse chinesische Reisende Hwen Tsang, welcher im Jahre 641 n. Chr. in Sind war, beschreibt diese Gegend bereits als niedrig, feucht und den Boden als mit Salz erfüllt.[50]

Die wunderbaren Luftspiegelungen des Ran sind die Quelle vieler Legenden und Zaubermärchen geworden. Die Eingebornen sehen in denselben das Trugbild der Besitzungen eines frommen Königes, dem es gelungen war, so vollständig ein goldenes Zeitalter der Tugend wiederherzustellen, dass seine Hauptstadt, alles Unreinen entledigt, allmälig selbst sich zum Himmel erhob. In einem entlegenen Hause jedoch war ein unreines Thier, ein wilder Esel, vergessen worden, der durch Wiehern seine Gegenwart verrieth. Das Emporschweben der Stadt wurde unterbrochen, und seither schwebt sie über dem Ran zwischen Himmel und Erde.[51]

Dieser Ran of Kachh wurde im Jahre 1819 von einer gewaltigen Erderschütterung betroffen, welche von vielbesprochenen Veränderungen der Erdoberfläche begleitet war. Ich folge bei der Besprechung derselben zunächst wörtlich der von Alex. Burnes gegebenen Schilderung der thatsächlichen Vorgänge, auf welche sich auch die von Lyell gegebene Beschreibung stützt.[52]

Vor der Schlacht von Jarra, im Jahre 1762, sagt Burnes, in welcher die Einwohner von Kachh sich muthig gegen eine Armee aus Sind unter Ghulam Schah Kulora vertheidigten, mündete der östliche Arm des Indus, gewöhnlich der Phurraun genannt, in das Meer, indem er an den westlichen Küsten von Kachh vorbeifloss, und das Land an seinen Ufern genoss die Vortheile, welche dieser Fluss durch seinen ganzen Lauf spendet. Seine jährlichen Ueberfluthungen bewässerten den Boden und lieferten reiche Ernten von Reis; diese Uferlandschaften waren damals unter dem Namen ‚Sayra‘ bekannt.

Diese Segnungen, welche die Natur der sonst unfruchtbaren Gegend verliehen hatte, erreichten ihr Ende mit der Schlacht von Jarra, denn der Häuptling aus Sind, erzürnt über den Misserfolg seines Feldzuges, kehrte voll Rachegefühl in sein Land zurück und

versetzte den tiefsten Nachtheil dem Lande, welches zu unterjochen ihm nicht gelungen war. Bei dem Dorfe Mora warf er einen Damm von Erde, oder, wie es genannt wird, einen ‚Bund' auf, quer über jenen Arm des Indus, welcher Kachh befruchtete; indem er so den Strom ablenkte, welcher den Einwohnern so sehr zu statten gekommen war, und indem er ihn in andere Gerinne führte, in öde Theile der eigenen Besitzungen, zerstörte er zugleich eine weite und reiche Strecke bewässerten Landes und verwandelte er eine productive Reisgegend, welche zu Kachh gehört hatte, in eine sandige Wüste.

Der aufgeworfene Damm schloss nicht gänzlich das Wasser des Indus von Kachh ab, hinderte jedoch so sehr die Bewegung des Hauptstromes, dass aller Ackerbau, welcher von der Bewässerung abhing, ein Ende fand. Im Laufe der Zeit verschwand auch dieser geringe Rest von Wohlstand; die Talpur's, welche den Kalora's in der Herrschaft über Sind folgten, warfen neue Dämme auf, und um das Jahr 1802 wurden durch die Errichtung eines solchen zu Ali Bunder alle Wässer des Indus, selbst zur Zeit der Hochwässer, von dem Canale abgeschlossen, welcher sie einst an Kachh vorüber zum Meere geführt hatte. Nun hörte jener Streifen Landes, welcher vormals den fruchtbaren District von Sayra gebildet hatte, auf, auch nur einen Halm von Pflanzenwuchs zu liefern, und wurde ein Theil des Ran, an den er früher gegrenzt hatte. Der Canal des Flusses bei der Stadt Lukput wurde seichter, und oberhalb Sindree füllte er sich mit Schlamm und vertrocknete. Tiefer unten verwandelte er sich in einen Arm des Meeres.

Unter diesen Verhältnissen, erzählt Burnes weiter, erfolgte im Juni 1819 ein heftiger Erdstoss, durch welchen Hunderte von Einwohnern getödtet wurden und jeder befestigte Punkt im Lande in seinen Grundvesten erschüttert wurde. Es bildeten sich im Ran zahlreiche Spalten, aus welchen durch drei Tage ungeheure Massen von schwarzem, schlammigen Wasser hervortraten, und aus den Brunnen des an den Ran grenzenden Landstriches Bunni sprudelte das Wasser hervor, bis ringsum das Land bis zu 6, ja selbst 10 Fuss hoch überfluthet war.[53]

Gegen Sonnenuntergang wurde der Stoss zu Sindree, der Zollstation von Kachh, gefühlt, welche an der Hauptstrasse nach

Sind und an den Ufern dessen lag, was vor Zeiten der östliche Arm des Indus gewesen war. Dieses kleine, aus Ziegeln erbaute Fort von 150 Fuss im Gevierte wurde durch einen vom Ocean herfluthenden Wasserstrom überwältigt, welcher sich nach allen Richtungen ausbreitete und dieselbe Strecke, welche bisher hart und trocken gewesen war, im Laufe weniger Stunden in einen Binnensee verwandelte, der sich von Sindree nach jeder Richtung 17 Miles weit ausdehnte.... Bald entdeckte man jedoch, dass dies nicht die einzige Aenderung in dieser denkwürdigen Convulsion der Natur sei, da die Einwohner von Sindree in einer Entfernung von beiläufig 5 Miles gegen Nord einen Damm (a mound) von Erde oder Sand bemerkten, an einer Stelle, wo zuvor der Boden eben und niedrig gewesen war. Er erstreckte sich auf eine beträchtliche Strecke gegen Ost und gegen West und durchquerte unmittelbar den Canal des Indus, gleichsam für immer den Phurraunfluss abtrennend vom Meere. Die Eingebornen nannten diesen Damm ‚Ullah-bund' oder den Damm Gottes, mit Bezug darauf, dass er nicht wie die anderen Dämme des Indus von Menschenhand, sondern von der Natur aufgeworfen war....

Diese wunderbaren Ereignisse gingen vorläufig wenig beachtet vorüber, denn der tiefe Nachtheil, welcher Kachh im Jahre 1762 zugefügt worden war, hatte diesen Theil des Landes schon so gänzlich zu Grunde gerichtet, dass es gleichgiltig war, ob derselbe eine Wüste bleibe oder sich in einen See verwandle. Ein schwacher und erfolgloser Versuch wurde von Kachh aus gemacht, ein Zollamt auf dem neu gebildeten ‚Ullah-bund' zu errichten, aber die Emire von Sind erhoben Einsprache, und da Sindree nicht länger haltbar war, wurden die Beamten auf das Festland von Kachh zurückgezogen.

So verblieben die Dinge bis zum Monate November 1826, als Nachricht einlangte, dass der Indus seine Ufer im oberen Sind durchbrochen habe, und dass eine ausserordentlich grosse Wassermenge sich über die Wüste, welche dieses Land ostwärts begrenzt, ausgebreitet, alle Dämme gesprengt und sich den Weg bis zum Ran of Kachh erzwungen habe. Im März 1827, also 8 Jahre nach dem Erdbeben, reiste nun Burnes von Bhooj, der Hauptstadt von

Kachh, über Lukput, zu Wasser aufwärts zu jener weiten Wasserfläche, welche die Ruinen von Sindree umgab.

Der wichtigste Theil des weiteren Berichtes von Burnes ist die Beschreibung des Ullah-bund. Dem Auge erschien derselbe an einer Stelle nicht höher als an einer anderen und er liess sich nach Ost und nach West so weit verfolgen, als das Auge reichte; die Eingebornen gaben an, dass seine Länge 50 Miles betrage. ‚Man darf sich denselben jedoch,' so sagt ausdrücklich Burnes, ‚nicht als einen schmalen Streifen, wie einen künstlichen Damm vorstellen, da er sich landeinwärts bis Raomaka-bazar ausdehnt, wohl in einer Breite von 16 Miles, und er schien eine grosse Erhebung der Natur zu sein. Die Oberfläche war mit salzreichem Boden bedeckt, und er besteht aus Thon, Muscheln und Sand....'

So weit Burnes. Der Ullah-bund ist seither öfters besucht worden; seine Höhe wurde auf 10, 15, 18 und sogar auf 20½ Fuss bemessen, aber Wynne bemerkt, dass sich diese Angaben auf die Höhe über dem wechselnden Wasserstande an seinem Fusse beziehen. Die Beobachter stimmen in dem entscheidenden Punkte überein, dass der Ullah-bund überhaupt nur von Süden her den Anblick eines Dammes biete, gegen Nord aber gar kein oder so gut wie kein Gefälle habe, und dass sich eine Nordseite desselben überhaupt in keiner Weise kenntlich mache.

Der Ullah-bund ist demnach gar kein Damm, sondern nur eine plötzliche Abstufung des Bodens.

Das oberhalb dieser Abstufung gelegene, angeblich gehobene Land hat eben keine Veränderung erfahren. Mit vollem Rechte hebt Wynne hervor, dass es bei einer irgend bemerkenswertheren Erhebung dieses Landstriches den Hochfluthen des Indus im Jahre 1826 unmöglich gewesen wäre, das seit dem Jahre 1762 abgedämmte Bett des Pharaunarmes wieder zu verfolgen und quer durch den Ullah-bund die Senkung von Sindree und die Mündung unterhalb Lukput zu erreichen.[54]

Das Land südlich vom Ullah-bund mit dem Fort von Sindree ist demnach zugleich mit einem grossen Austritte von Grundwasser während des Erdbebens von 1819 eingesunken; der Ullah-bund ist eine scharfe Abstufung des Schwemmlandes, welche die Grenze der Einsenkung bezeichnet; oberhalb des Ullah-bund ist

keine wesentliche Veränderung eingetreten, wie aus dem ungeänderten Gefälle der Flüsse erhellt.

Diese einfache Auffassung der Sachlage stimmt mit der schmucklosen Darstellung überein, welche Carless im Jahre 1837 in einer die Vermessungsarbeiten im Indus-Delta begleitenden Denkschrift gegeben hat. Diese spricht nur davon, dass das niedere Alluvialland ‚während des Erdbebens von 1819 an mehreren Stellen einige Fuss tief gesunken sein soll', wobei ein kleines Fort in dem oberen Theile, nahe dem Flusse, niedergeworfen wurde. Jetzt sei die Gegend mit Wasser bedeckt.[55]

Ch. Lyell dachte an eine wahre Erhebung des Landes am Ullah-bund. Obwohl ich niemals vergessen werde, wie tiefe Anregung mir selbst in jüngeren Jahren durch den Umgang mit diesem seltenen, stets wohlwollenden und auch stets zur Anerkennung und Berichtigung eigener Irrthümer bereitwilligen Manne geworden ist, muss ich doch unverhohlen aussprechen, dass seine in viele Lehrbücher übergegangene Auffassung der im Ran of Kachh eingetretenen Veränderungen nicht aufrecht erhalten werden kann.[56] Es handelt sich hier weder um Erhebung von Land, noch, wie ich selbst einmal, irregeführt durch andere Darstellungen, vermuthet habe, um Faltenbildung an der Oberfläche, sondern nur um das Hervordringen von Grundwasser und das Nachsitzen eines scharf abgegrenzten Theiles des schlammigen Bodens.[57]

Die Uebereinstimmung mit den Vorgängen bei New-Madrid am Mississippi und in der Burjätensteppe am Baikal ist eine vollständige. —

Wir suchen nun eine Gegend auf, welche sowohl von Erdbeben, als auch von Cyklonen heimgesucht ist, und in welche verheerende Ueberfluthungen vom Meere her in neuester Zeit zu wiederholten Malen eingetreten sind, das Flachland, welches die Bucht von Bengalen nordwärts abschliesst. Ganges und Brahmaputra ergiessen sich hier in vielfach gegabelten Armen in das Meer, und ich will versuchen, die Hauptzüge der heutigen Beschaffenheit dieser Mündungen darzustellen, bevor ich über ihre Geschichte und dann von den Erdbeben und Wirbelstürmen spreche. Hiebei folge ich zunächst der meisterhaften Beschreibung dieses

Gebietes von J. Fergusson[58] und den Ergänzungen zu dieser Beschreibung durch Medlicott und Blanford.[59]

Ziemlich weit ausserhalb der littoralen Zone der Sunderbunds läuft die Fünf-Fadenlinie von den Balasore-Roads im Westen gegen Chittagong im Osten, und die Küste senkt sich sehr allmälig zur Tiefe, mit Ausnahme einer merkwürdigen, beiläufig in der Mitte dieser Strecke und etwas südwestlich ausserhalb der Haringota-Mündung gelegenen Region, in welcher plötzlich grosse Tiefen sich zeigen; es ist dies der ‚Swatch of no ground', in welchem, namentlich gegen seinen westlichen Rand, das Loth mit 200 und selbst 300 Faden keinen Grund findet.

Innerhalb der Sunderbunds befindet sich ein Netzwerk von Wasserläufen, welche gemeinsam an der Aufschüttung von bewohnbarem Land und der allmäligen Ausfüllung der zahlreichen und ausgedehnten ‚Jhils' arbeiten.

Die Inder besitzen eine weit besser ausgebildete Terminologie für die in der Natur sich wiederholenden Gestaltungen der Oberfläche als wir, und es bleibt die Frage offen, ob nicht manche ihrer Bezeichnungen mit Vortheil in allgemeineren Gebrauch treten könnten.

Bhábar ist für den Inder die stärker geneigte Aufschüttung, das Gebiet der Halden am Fusse der Gebirge, in welchem die aus dem Himalaya hervortretenden Flüsse einen Theil ihrer Wassermenge verlieren oder gar vertrocknen; Tarai ist die vegetationsreiche Zone, in welcher das Grundwasser des Bhábar wieder zu Tage tritt; Bhángar nennt man die höher liegenden Flächen älteren Schwemmlandes, im Gegensatze zu Khádar, dem tiefliegenden, in der Regel durch niedere Steilränder begrenzten Alluvialgebiete der Ströme im engeren Sinne.

Ganges und Brahmaputra treten mit beiläufig gleichen Wassermengen in die weite Delta-Region heraus, doch bringt der Brahmaputra, wohl vermöge seines grösseren Gefälles, eine unvergleichlich viel grössere Menge von Sinkstoffen. Nichtsdestoweniger ist das Delta des Ganges in der Anschüttung viel weiter vorgeschritten und befindet sich zum grössten Theile in dem Zustande des bewohnbaren Bhángar, während am Brahmaputra weitaus die bedeutendere Fläche häufig überschwemmter Khádar ist. Im

Zusammenhange damit steht die Lücke in dem östlichen Umrisse des Delta's.

Bei Rájmahál tritt der Ganges um das von älteren vulkanischen Felsarten gebildete Ende des Gebirges, und dieser Punkt, in welchem der Strom etwa 20 Meter über dem Meere liegt, wird als das Haupt des Delta's angesehen. Mit Recht erläutert Fergusson, wie seit jener Zeit, in welcher das Meer bis Rájmahál reichte und die Ausfüllung begann, eine sehr wesentliche Veränderung in dem Maasse der Aufschüttung bei Rájmahál selbst vor sich gegangen sein muss, und wie diese mit der Verringerung des Gefälles sich ausserordentlich verlangsamen musste. Zwischen Rájmahál und dem Meere vollzieht sich die Landbildung unter fortwährender Verschiebung der Gerinne und unter fortwährend sich ändernder Gabelung derselben. Der Ganges selbst hat in historischer Zeit auf mehr als der Hälfte dieser Strecke sein ursprüngliches Gerinne, den Bhagarutti, verlassen; dieser gilt denn auch den Eingebornen für heilig, nicht der Zweig Poddah, in welchem jetzt der Ganges fliesst.

Noch weit wichtiger sind die Aenderungen, welche der Brahmaputra erlitten hat.

Nördlich von Dacca erstreckt sich bis auf etwa 112 Kilom. Länge mit einer grössten Breite von 56 Kilom. ein grosses Stück von erhöhtem Bhángar, der Madupore Jungle, mit steilerem, etwa 40—50 Fuss hohen Abhange gegen West und sanftem Gefälle gegen Ost.

Oestlich vom Madupore Jungle und von Dacca kommt die Gruppe der Silhetströme von Kachar herab, klare, an Sinkstoffen arme Wässer, welche während der drei Monate der Regenzeit unter dem Einflusse des Monsun ganz ausserordentliche Wassermengen führen; sie sind von den Silhet-Jhils, sehr ausgedehnten stillen Wasserflächen, in der Nähe des Madupore Jungle begleitet und bilden in ihrer Vereinigung den Megna.

Als im Jahre 1785 Renell die erste Vermessung dieser Gegend vornahm, floss der gewaltige, schlammige Brahmaputra östlich vom Madupore Jungle, arbeitete an der Verlandung der Silhet-Jhils und nahm die Silhetflüsse auf, um sich endlich durch den Megna ins Meer zu ergiessen. Jetzt fliesst der Strom westlich von

dem höheren Lande, und der ältere Arm ist, wenigstens durch den grössten Theil des Jahres, nur durch eine Kette von Sümpfen und Lachen angedeutet.

Hiedurch ist der Brahmaputra in die Nähe des Ganges gerückt, und es hat sich nun ein Kampf zwischen diesen beiden Strömen entwickelt, in welchem der Ganges durch die grössere Menge von Sinkstoffen, welche sein Gegner führt, in immer westlichere Gerinne gedrängt wird.

Fergusson schreibt die Ablenkung des Brahmaputra einer localen Erhebung der Region nördlich von Dacca, des Madupore Jungle, zu, und bringt die Abklärung des Brahmaputra in den Silhet-Jhils in Verbindung mit dem Zurückbleiben der Ausbildung des Delta's im Osten. Medlicott und Blanford heben aber hervor, dass eine Senkung der Silhet-Jhils dieselbe Folge gehabt hätte. Im Allgemeinen sind dieselben geneigt anzunehmen, dass sowohl das Thal des Brahmaputra in Assam, als die Gegend der Silhet-Jhils in verhältnissmässig neuer Zeit gesunken seien, dass Madupore Jungle dieser Depression allein entgangen sei und die ursprüngliche Höhe der Brahmaputra-Anschwemmungen darstelle. Sie vergleichen den Fall mit jenem des Ran of Kachh.[60]

Es sind gewiss innerhalb der historischen Zeit beträchtliche Veränderungen innerhalb dieses ausgebreiteten Flachlandes theils durch Verlegung der Stromrinnen, theils durch Verlandung, vielleicht auch durch Senkung eingetreten.

Die historischen Untersuchungen von Beveridge, welche die letzten drei Jahrhunderte umfassen, und welche sich hauptsächlich auf Berichte von Jesuiten vom Ende des 16. Jahrhunderts stützen, zeigen allerdings nicht, dass, wie man vermuthet hatte, die Sunderbunds zu jener Zeit bewohnt gewesen seien. Aber es gab damals in den östlichen Niederungen zwei Königssitze, zu Bakla, welches nicht mehr zu bestehen scheint, und zu Ciandecan (Chánd Khán). Grössere Theile von Backergunge und Jessore mögen allerdings cultivirt gewesen sein, sich wieder in Jungle verwandelt haben und dann wieder der Cultur zugeführt worden sein.[61]

Bedeutender als im Osten sind, wie aus arabischen Quellen hervorgeht, auch in diesen letzten Jahrhunderten die Veränderungen im Westen gewesen, und greift man bis zur Zeit des grossen

chinesischen Reisenden Hwen-Tsang zurück, dessen Darstellungen schon bei Besprechung des Indus-Delta's benützt worden sind, so zeigt sich, dass allerdings im siebenten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung ein guter Theil des heutigen Delta's nicht bestand. Fergusson schliesst aus den Angaben dieses zuverlässigen Beobachters sogar die Möglichkeit, dass die Silhet-Jhils noch salzig und mit dem Meere in offener Verbindung gewesen seien. Erwiesen sei auf alle Fälle, dass die damaligen Hafenstädte Sonargaon und Satgaon an dem Haupte zweier Buchten oder Aestuarien lagen, in welche Brahmaputra und Ganges sich ergossen, und beinahe gewiss sei es, dass das ganze heutige Delta südlich von diesen Orten zu jener Zeit eine grosse Salzwasser-Lagune gewesen sei. Vermuthen lasse sich, dass die Sunderbunds damals einen Lido ausserhalb dieser Lagune bildeten, und dass der Ganges damals nicht ostwärts floss, um sich mit dem Brahmaputra zu vereinigen, sondern sich selbständig in die Lagune ergoss.[62]

Noch viel weiter zurück führt eine Schrift Cameron's, in welcher versucht wird zu erweisen, dass der höher liegende Landstrich Tipperah, welcher das Delta gegen Ost begrenzt, dem alten Taprobane entspreche. Ueber diese Vermuthung steht mir kein Urtheil zu.[63] —

Der ganze Unterlauf des Ganges und des Brahmaputra ist häufigen Erschütterungen des Bodens unterworfen, und am 2. April 1762 wurde ein grosser Theil der Niederung, von Chittagong im Osten bis weit gegen West und landeinwärts insbesondere die Umgegend von Dacca aufs Heftigste erschüttert. Die Wässer stürzten wie eine brausende See aus ihren Gerinnen über das Land; weit und breit öffneten sich Spalten, Wassermengen wurden viele Fuss hoch aus dem Boden emporgeworfen und dabei sank das umliegende Land ein; Inseln nahe dem Strande verschwanden gänzlich und einzelne Flussgerinne wurden so verlegt, dass die auf der Reise begriffenen Schiffe aufgehalten wurden.[64]

Am 3. April 1810, 18. September 1829 und 11. November 1842 wiederholten sich Erderschütterungen in Calcutta. Wenige Monate vor dem letzteren Erdbeben war eine Cyklone über Calcutta hingegangen.

Am 10. Januar 1869 trat ein heftiger Erdstoss in der Provinz Kachar, östlich vom Brahmaputra ein und veranlasste grosse Veränderungen in den Alluvien. Auf viele Quadratmeilen hin liegen hier 30—40 Fuss von härterem Thon nach Oldham's Bericht auf einer mit Wasser gesättigten Lage von bläulichem Silt. Nun sah man meilenlange Sprünge längs der Flüsse entstehen und ebenso meilenweit die obere Lage des Schwemmlandes auf der wasserreichen Unterlage gegen die Flüsse abgleiten. Der Silt drang

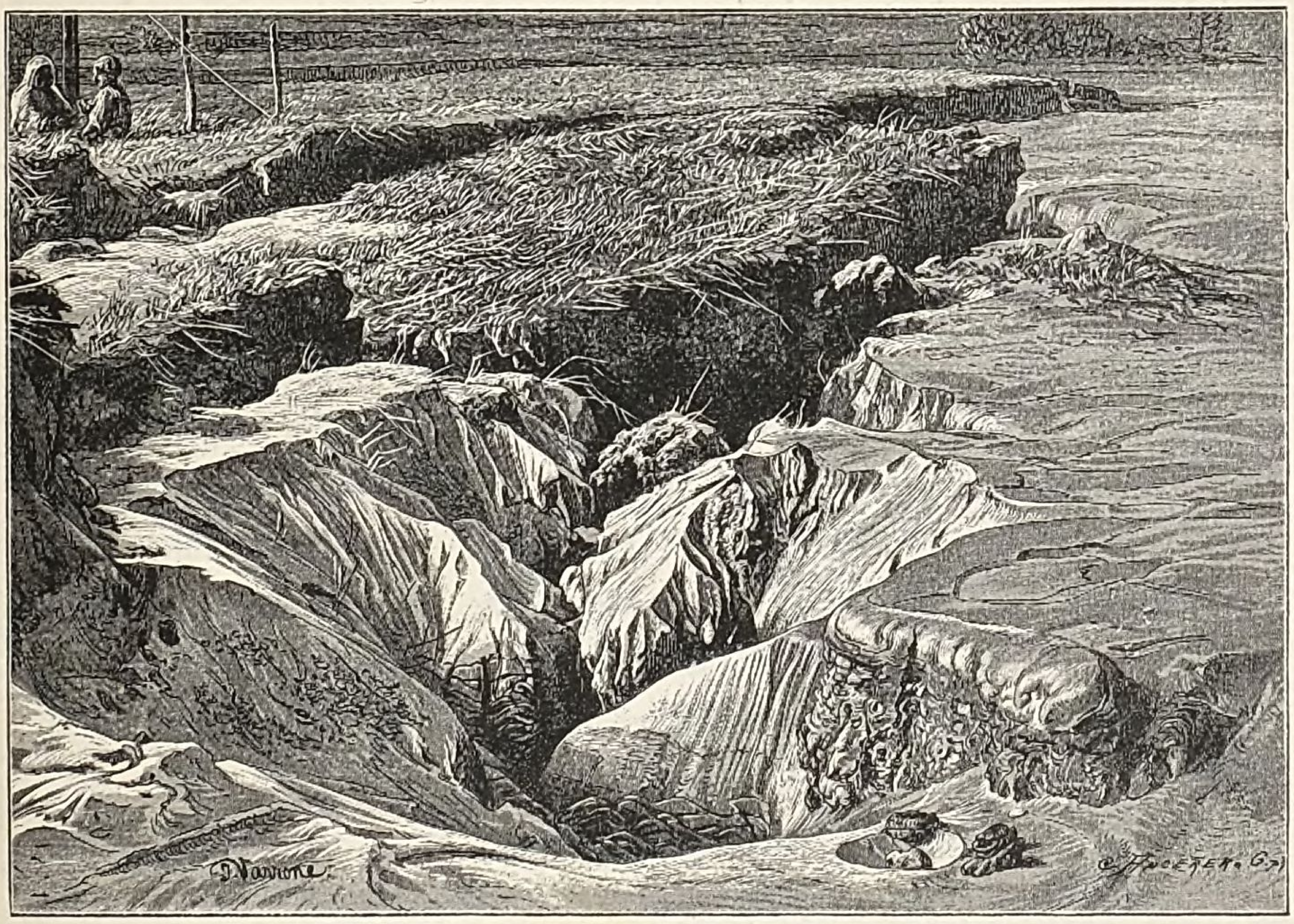


Fig. 1. Spalten und trichterförmige Oeffnungen nach dem Erdbeben von Kachar am 10. Januar 1869 (nach Oldham).

durch die klaffenden Sprünge herauf; zuerst kam mit der Heftigkeit eines Kanonenschusses trockener Staub, so dass man wohl meinen konnte, es schiesse Rauch empor, aber sofort folgte der zähe Schlamm, welcher eine Lippe um die Oeffnung bildete und wohl auch abfloss.

Als die Erschütterung vorübergegangen war, sah man den Alluvialboden von den grossen Sprüngen durchzogen, welche an vielen Orten durch Senkung einer Seite des durchschnittenen Landes zu wahren Verwerfungsklüften wurden und dann an der

Oberfläche nur als niedrige Abstürze erschienen, und zwischen oder auf diesen Sprüngen standen runde oder elliptische kraterähnliche Oeffnungen, oft umgeben von einem Walle von Schlamm oder Sand. Bei vielen der grösseren Oeffnungen war jedoch nach dem Hervorbrechen Sand und Schlamm wieder in die Oeffnung zurückgeströmt und hatte dabei die Kante der Oeffnung mit hinabgerissen, so dass nur eine unregelmässige, trichterförmige Tiefe zurückblieb.[65]

Die etwa seit 1874 fortlaufenden Aufzeichnungen, welche Col. Keatinge veröffentlicht hat, lassen erkennen, dass ganz Assam und namentlich das Tiefland nördlich und südlich von den Khâsibergen, das Thal des Brahmaputra, wie die Region des Silhet, sich in jahrelanger Unruhe befanden und vielleicht heute noch befinden.[66] —

Noch weit schrecklicher als die Erdbeben wüthen in dem Flachlande dieser Flussmündungen von Zeit zu Zeit die vom Meere herkommenden Wirbelstürme. Viele von ihnen entstehen in der Nähe der Andamanen. Von dort ziehen sie Verderben bringend gegen Nord, Nordwest oder West. Bald treten sie, ungeheure Wassermassen herbeitragend und von unermesslichem Regen begleitet, in die Mündungen des Megna oder des Ganges, bald stürzen sie sich auf die Ostküste des Festlandes, bis Pondicherry hinab, oder sie treffen die Insel Ceylon.

In der Nacht vom 11.—12. October 1737 trat ein solcher Wirbelsturm in den Ganges ein und reichte viele Meilen stromaufwärts. Zugleich erfolgte ein Erdbeben und in Calcutta wurden 200 Häuser niedergeworfen. Schiffe von 60 Tonnen Tragfähigkeit wurden über die Bäume landeinwärts getragen. Das Wasser im Ganges soll sich um 40 Fuss über den gewöhnlichen Stand erhoben haben; man schätzte damals den Verlust an Menschenleben auf 300.000 Seelen.[67] Diese Ziffer ist übertrieben, aber ohne Zweifel war die Katastrophe eine furchtbare.

H. Blanford hat ein Verzeichniss der Cyklonen der Bucht von Bengalen von dem Jahre 1737 bis zu der grossen Cyklone von 1876 veröffentlicht und gezeigt, dass in diesem Zeitraume von 139 Jahren 112 grössere und geringere Wirbelstürme dieses Meer bewegt und die Küste getroffen haben.[68]

Ohne in die höchst verdienstlichen Einzelbeschreibungen einzugehen, welche von englischen Forschern einzelnen dieser Cyklonen gewidmet worden sind, greife ich mehrere Beispiele aus dieser Liste heraus.

Am 19. und 20. Mai 1787 erreichen Sturm und Sturmfluth Coringa an dem Delta des Godavery und reichen 32 Kilom. in das Land; es gehen nach einer beiläufigen Schätzung 20.000 Seelen und 500.000 Stück Vieh verloren.

Am 19. October 1800 zugleich furchtbarer Wirbelsturm und Erdbeben zu Ongole und Masulipatam, zu beiden Seiten der Mündungen des Kistna.

Im Juni 1822 fegt eine Sturmfluth über den östlichen Theil der Sunderbunds, über Burisal und Backergunge; der Sturm soll nur 85 Kilom. in 24 Stunden vorgeschritten sein; 50.000 Menschen sollen das Leben verloren haben.

Den 31. October 1831 trifft eine solche Sturmfluth den äussersten Westen des Flachlandes des Ganges, wo es sich südlich von Calcutta gegen Kuttack ausdehnt; 300 Ortschaften werden hinweggefegt und mindestens 11.000 Menschen ertränkt; es folgt Hungersnoth und wird der gesammte Verlust an Menschenleben aus diesem Ereignisse auf 50.000 Seelen geschätzt.

Den 21. Mai 1832 ertrinken durch eine solche Fluth im Ganges-Delta 8000—10.000 Menschen.

Vom 12. zum 17. November 1837 kommt Sturm und Fluth von den Andamanen nach Coringa; die Woge war 8 Fuss hoch; 700 Menschen verloren ihr Leben auf den Schiffen; 6000 sollen am Lande umgekommen sein.

Für den weniger durch seine Verheerungen, als durch seine ausserordentlich lange Strasse bemerkenswerthen Wirbelsturm vom October 1842 folgen wir dem Berichte Piddington's.[69]

Der Wirbel ging, wie so oft, von den Andamanen aus; in gerader, rein westlicher Richtung kreuzte er am 22., 23. und 24. October den südlichen Theil des bengalischen Meerbusens, und seine Mitte erreichte noch am letzteren Tage nach 5 Uhr Nachmittags die Ostküste etwas nördlich von Pondicherry. Nun wendete sich die Richtung, offenbar abgelenkt durch die Höhenzüge, ein wenig gegen Südwest, und am 25. Mittags kreuzte das Sturmcentrum

im Palgautcherrypass zwischen Salem und Paniany die westlichen Ghats. Hier scheint eine Spaltung eingetreten zu sein; es sind zwei getrennte Wirbelstürme im arabischen Meere erschienen. Der südliche Arm ging in westnordwestlicher Richtung fort, erfasste am 27. October Mittags schon weit jenseits der Laccadiven in lat. 11° 5′ N., long. 69° 09′ O. das Schiff ‚Futty Salam' und ereilte am 31. October in lat. 14° N., long. 61° O., nachdem bereits

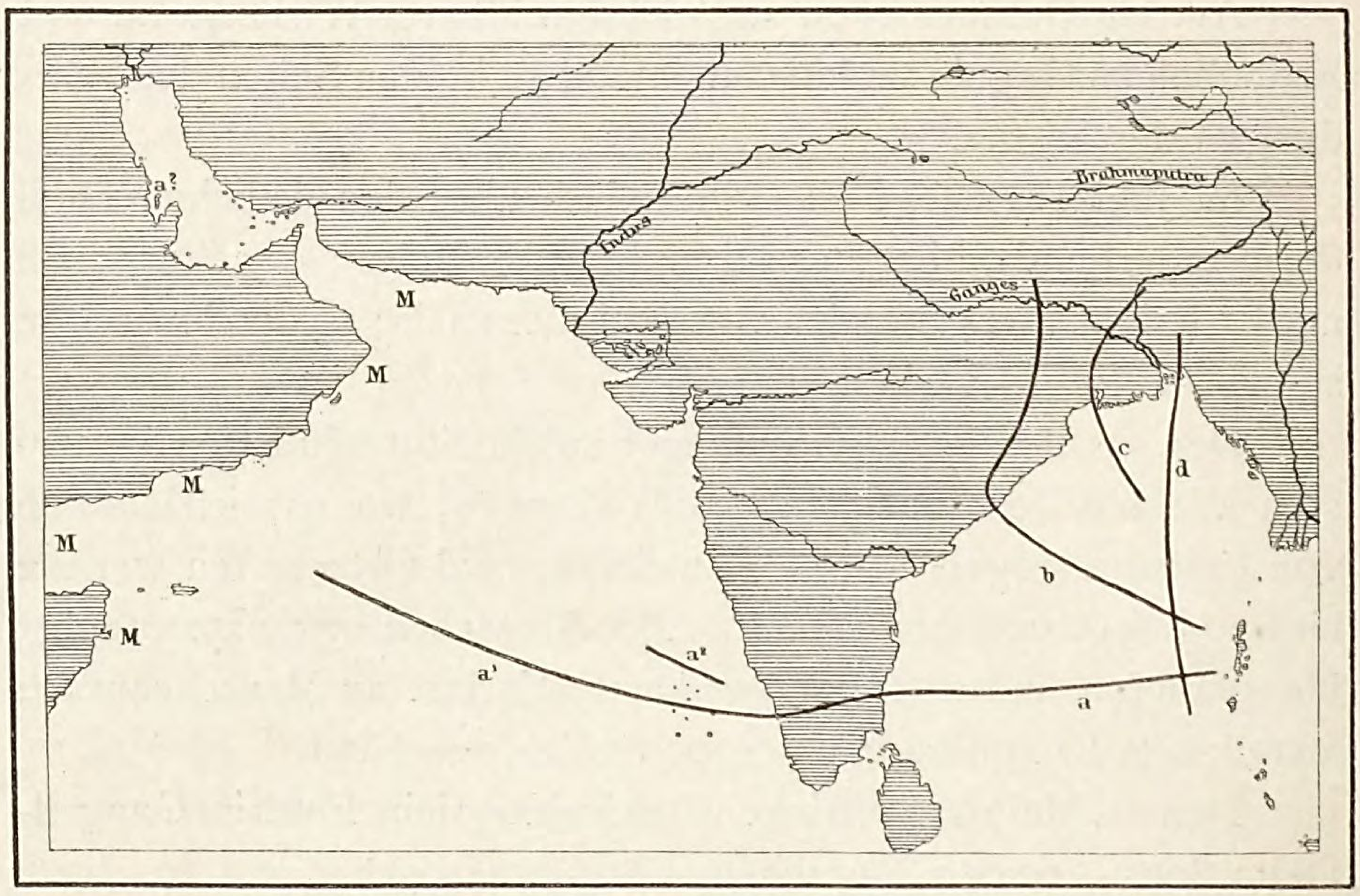


Fig. 2. Die Strassen einiger indischer Wirbelstürme.

a, *a* 1, *a* 2. Die Madras-Cyklone, October 1842; M, M Gebiet der Strandungen; a? vermuthete Fortsetzung in den persischen Meerbusen (nach Piddington).
b. Die Vizagapatam-Cyklone, October 1876 (nach Elliot).
c. Die Midnapore- und Burdwan-Cyklone, 15. bis 16. October 1874 (nach Willson).
d. Die Backergunge-Cyklone, 29. October bis 1. November 1876 (nach Elliot).

fast der sechste Theil des Erdumfanges zurückgelegt war, nicht 6 Längengrade von der Insel Sokotra, mit furchtbarer Gewalt das Schiff ‚Seaton', welches er entmastete und als hilfloses Wrack zurückliess. Von hier an hat sich der Sturm mehr gegen Nordwest gewendet. Dies geht aus dem Umstande hervor, dass zwischen Sokotra und dieser Stelle verkehrende Schiffe nur von seiner entfernteren peripherischen Erregung getroffen wurden.

Der nördliche Ast nahm schon von der ostindischen Küste her, wie es scheint, einen mehr nordwestlichen Verlauf. Auf der

ganzen Küste, vom Eingange in den persischen Meerbusen bis zum Golf von Aden und an dem afrikanischen Festlande, noch südlich von Cap Guardafui, scheiterte eine grosse Anzahl von Fahrzeugen, und der in Aden lebende Beobachter Dr. Malcolmson vermuthete sogar, der Wirbelsturm habe noch in der Nähe der Insel Bahrein den persischen Meerbusen gekreuzt. Ueber diesen nördlichsten Theil der Strasse werden aber leider keine directen Beobachtungen mitgetheilt.[70]

Vom 2. bis 5. October 1864 ging eine Cyklone von den Andamanen gegen Nordwest; im Hooghly schwemmte die Woge nahe an 48.000 Menschen und 100.000 Stück Vieh weg. Zwei grosse Postdampfer wurden trocken auf die Felder gesetzt; alle Bäume wurden entlaubt.

Blanford's traurige Liste schliesst mit der grossen Cyklone von Backergunge vom Jahre 1876. Elliot hat dieses Naturereigniss in einem selbständigen Werke geschildert, dem wir Folgendes entnehmen:[71]

Am 23. October 1876 begann im Südosten der Bucht von Bengalen ein Raum von vermindertem Luftdrucke sich zu bilden. Die Bildung schritt in den nächsten Tagen vor, und am 26. und 27. bemerkte man in dieser Region bereits heftige vorticose Winde. In den beiden folgenden Tagen bewegte sich dieser Raum verminderten Druckes gegen Nord; am Abende des 29. hatte sich bereits eine heftige Cyklone gebildet. Die Mitte war am 30. October Mittags in lat. 14° und long. 89°. Es trat eine Ablenkung gegen Nordnordost ein, und Geschwindigkeit und Gewalt des Sturmes nahmen zu. Am 1. November, gegen 3 Uhr Morgens, erreichte derselbe die Mündung des Megna mit einer Geschwindigkeit von etwa 32 Kilom. in der Stunde. Die Calmenregion in der Mitte des Sturmes war wahrscheinlich elliptisch, quer auf die Richtung des Vorschreitens und 24—29 Kilom. breit. Noch etwa 300 Kilom. von dieser Mitte war die Gewalt so gross, dass Schiffe entmastet wurden. In derselben Nacht war kurz vor dem Sturme bei Vollmond eine ungewöhnlich hohe Fluthwelle in den Megna eingetreten und hatte den Fluss zurückgestaut. Es war noch nicht die Zeit voller Ebbe angelangt, als die zurückweichende lunare Fluth, von der Sturmfluth der Cyklone erfasst und überwältigt, mit dieser zu

einer gewaltigen Woge vereint, landeinwärts zurückkehrte. Was gegen West und Nordwest lag, wurde von gestautem Süsswasser, was ostwärts lag, von Salzwasser überfluthet. Binnen kurzer Zeit waren 3000 Square Miles (etwa 141 geographische Quadratmeilen) des Flachlandes und der grossen vorliegenden Inseln 3 bis 15, ja bis zu 45 Fuss hoch mit Wasser bedeckt. Das Centrum des Sturmes ging dabei gegen Nordnordwest auf das höher liegende Gebiet von Tipperah los, zerschellte an demselben und löste sich auf.

Der Gouverneur Sir R. Temple schätzte in seinem amtlichen Berichte die Zahl der ertränkten Menschen auf 215.000 bei einer Gesammtbevölkerung von 1,062.000 Seelen. Blanford, welcher später schrieb, meint, es seien beiläufig 100.000 Menschen ertränkt worden. Die Häusergruppen sind hier in der Regel von Bäumen umstellt, sonst wäre der Verlust noch weit grösser gewesen.

Entsetzlich sind die Schilderungen der Beamten von dem Zustande des Landes nach der Katastrophe; die Häuser waren zerstört, die Bäume ihrer Blätter und Aeste beraubt, das Land mit Lachen bedeckt und in Haufen waren die Leichname von Menschen und Rindern zusammengefegt — das wahre Abbild einer vorübergegangenen Sintfluth. Das Gebiet dieser grossen Cyklonenfluth ist genau dasselbe, welches von dem Erdbeben des Jahres 1762 betroffen worden war.

Es ist eben gesagt worden, dass das Depressionsgebiet an den Höhen von Tipperah zerschellte. Elliot hebt ausdrücklich hervor, dass nicht die Reibung auf der Erde, sondern der directe Widerstand eines Höhenzuges die Auflösung der Cyklonen veranlasst oder sie ablenkt. In der That war im Anfange desselben Monats October eine kleinere Cyklone von den Andamanen gegen Nordwest nach Vizagapatam an der Ostküste gekommen, hatte, durch die östlichen Ghats abgelenkt, sich gegen Nord gewendet, und war, dem östlichen Fusse des Gebirges folgend, fortgereist, hatte den Ganges zwischen Patna und Monghyr gekreuzt und, allerdings wesentlich abgeschwächt, sogar die Vorberge des Himalaya erreicht, daher etwa 8 Breitegrade auf trockenem Lande zurückgelegt.

Im Jahre 1737 zu Calcutta und im Jahre 1800 an den Mündungen des Kistna sind Cyklone und Erdbeben vereint aufgetreten.

Obwohl beide Erscheinungen ihren Ursachen nach einander fremd sind, und obwohl die übergrosse Anzahl von Cyklonen ohne bemerkbare Erderschütterung und ebenso die übergrosse Anzahl von Erdbeben ohne Wirbelsturm eintritt, wiederholt sich doch das zeitliche Zusammentreffen von Erderschütterungen und niedrigen Barometerständen so oft, dass die Aufmerksamkeit der Forscher auf diesen Umstand gelenkt werden musste. So hat, um nur einige der Beobachter zu nennen, welche diese Richtung der Studien verfolgt haben, Jul. Schmidt die Vergleichung von vielen hunderten von Erschütterungen, welche in den letzten Jahren in Griechenland verspürt wurden, mit den gleichzeitigen Barometerständen durchgeführt,[72] Rossi Aehnliches für eine Anzahl italienischer Erdbeben unternommen[73] und G. Darwin sogar in der letzten Zeit versucht, den mechanischen Effect der barometrischen Entlastung der Erdoberfläche der Rechnung zu unterziehen.[74]

Man kann nicht behaupten, dass die directen Beobachtungen auf diesem Gebiete bereits zu irgend einem festen Ergebnisse geführt hätten, aber die z. B. in Griechenland und Italien in Vergleich gezogenen Verminderungen des Luftdruckes sind weit geringer als jene, welche bei Wirbelstürmen vorkommen. So dürfte bei dem heutigen Stande der Erfahrungen angenommen werden, dass, wenn in einer Gegend, welche sich in einer Phase seismischer Beunruhigung befindet, oder in welcher sonst die Vorbedingungen für eine Erderschütterung gegeben sind, jene wesentliche Entlastung von dem Luftdrucke eintritt, welche die Grundbedingung des Wirbelsturmes ist, diese selbe Entlastung zwar die Erderschütterung nicht erzeugt, wohl aber ihr Auftreten beschleunigt oder den Grad der Heftigkeit erhöht.

C. Wesen und Verbreitung der Sintfluth.

Wir kehren zu dem Izdubar-Epos zurück.

Die Naturerscheinungen, welche die grosse Katastrophe begleiten, sind solche, wie sie heute nur an flachen Küsten und in den Niederungen grosser Ströme, namentlich an den Mündungen

der letzteren, beobachtet werden. Die Ueberfluthung kann der Hauptsache nach nur vom Meere gekommen sein; Regen und Grundwasser waren lediglich begleitende Elemente derselben.

In diesem Umstande, wie in der örtlichen Bedeutung der Verwendung von Asphalt, liegt aber eine wesentliche Bestätigung der Ansichten jener ausgezeichneten Erforscher des Alterthums, welche in dem Sintfluthberichte des eilften Gesanges des Izdubar-Epos nicht eine von auswärts entlehnte und hier nachträglich localisirte Sage, sondern die Ueberlieferung eines einheimischen Ereignisses sehen, welches sich wirklich in den bezeichneten Theilen der damals noch weniger verlandeten Euphratniederung zugetragen hat.

Es folgt ferner hieraus, dass Gen. VI, 17 und VII, 6 in der That besser *mijam* als *majim* gelesen wird.

Die Euphratmündungen bieten alle für ein solches Ereigniss nothwendigen Vorbedingungen, und die Verlegung desselben an irgend eine andere Flussmündung würde dasselbe aus dem Gebiete der heutigen Traditionen entfernen. Man könnte z. B. etwa an die vereinigten Mündungen von Ganges und Brahmaputra denken, welche heute so oft von Erdbeben und Cyklonen heimgesucht werden. Aber abgesehen davon, dass gegen diese Annahme wohl von derselben Seite noch grössere Bedenken geäussert werden würden, ist gerade die Häufigkeit der grossen Ueberfluthungen, wahrer Sintfluthen, in diesem Gebiete eher ein Argument gegen eine solche Annahme, denn die uns vorliegenden Sintfluthberichte stammen aus Gegenden, in welchen ein solches Ereigniss ein höchst seltenes, ja geradezu etwas Unerhörtes war und gerade darum so unauslöschbaren Eindruck zurückliess. Es ergossen sich die Meeresfluthen über reich besiedelte Landschaften, welche niemals früher der Schauplatz eines solchen Ereignisses gewesen waren, und es auch nach dem Ausspruche der Gottheit niemals wieder sein sollten, ein Ausspruch, welcher sich in einer aus dem so häufig überflutheten Ganges-Delta stammenden Ueberlieferung gewiss nicht finden würde.

Der seismische Theil der Katastrophe kommt in unzweifelhafter Weise zum Ausdrucke durch die Warnungen, durch das

Uebertreten der Canäle, das Hervorbrechen der Fluthen der Tiefe und das Erzittern der Erde.

Mesopotamien ist seither oft von Erdbeben betroffen worden. Die bedeutendste seismische Phase beginnt mit dem Jahre 763 v. Chr., demselben Jahre, in welches die zuerst von Hind und Airy, neuerdings von Lehmann und von Oppolzer festgestellte Sonnenfinsterniss vom 14. Juni 763 fällt, deren Datum massgebend geworden ist für die Chronologie des assyrischen Alterthums.[75]

Dieser wichtige Anhaltspunkt ergibt in den assyrischen Verwaltungslisten für 763 v. Chr.: Unruhen in Libzu. Im Monate Sivan tritt die Sonne in eine Verfinsterung. — 762 Unruhen in Libzu. — 761 Unruhen in Arbacha. — 759 Unruhen in Gozan. — 758 Ruhe im Lande. Später, für 746, werden abermals Unruhen angeführt, diesmal in Kalaḫ, dem biblischen Kelach (Gen. X, 11), südlich von Ninive in dem Winkel zwischen dem oberen Zab und Tigris, wo jetzt das Dorf Nimrûd liegt.[76]

Nun hat Bosanquet, einer Anregung Rawlinson's folgend, angegeben, dass unter diesen ‚Unruhen' nicht aufständische Bewegungen der Bevölkerung, sondern Erdbeben zu verstehen seien, und Bosanquet zeigt unter dieser Voraussetzung, dass diese Sonnenfinsterniss vom 14. Juni 763 dieselbe sei, welche der Prophet Amos vorhersagte.[77]

Die Erderschütterungen dieser Phase haben sich von Assyrien bis nach Palästina erstreckt, und es waren die Jahre nach 763 nicht nur durch Erdbeben, sondern auch durch mehrere Sonnenfinsternisse ausgezeichnet. Unschwer erkennt man den Eindruck, welchen diese schreckenerregenden Naturereignisse auf die erhabene Redeweise der Propheten ausgeübt haben, welche dieselben an mehreren Stellen genannt oder beschrieben und als Anzeichen des Zornes der Gottheit angerufen haben. Noch im nächstfolgenden Jahrhunderte war in Jerusalem die Erinnerung an diese Vorgänge im Volke nicht erloschen.

Der Prophet Amos datirt I, 1 seine Vision ausdrücklich ‚*zwei Jahre vor dem Erdbeben*' und schildert nicht nur die Erschütterung, sondern auch die Ueberfluthung vom Meere her, so V, 8; IX, 6: . . . *qui vocat aquas maris, et effundit eas super faciem terrae.* — Der Prophet Sophonia, welcher unter Josias (616—586)

schrieb, führt in seiner erschütternden und nie übertroffenen Vorbildung des Dies irae den Untergang von Sodom und Gomorrha und alles Entsetzen einer seismischen Katastrophe vor, und Zacharia spricht XIV, 5: ... *et fugietis sicut fugistis a facie terraemotus in diebus Oziae regis Juda*.... Das ist eben das von Amos angeführte Erdbeben.

Gerade die weite Ausbreitung dieser Erdbeben lässt aber Zweifel darüber aufkommen, ob ihr Ausgangspunkt wirklich in der mesopotamischen Ebene zu suchen sei. Der Name Arbacha, welcher dem griechischen Arrhapachitis, dem armenischen Albak entspricht, möchte uns in das Gebirge am oberen Zab und somit dem heute so oft erbebenden Gebiete des Van- und Urmiah-See's näher führen.

Die syrische Wüste ist gegen Nord und gegen West umgrenzt von zwei wichtigen Erdbebenzonen, auf welchen seismische Thätigkeit durch viele Jahrhunderte bekannt ist.

Die erste dieser Zonen beginnt am Mittelmeere in der Nähe von Antiocheia. Diese unglückliche Stadt war der Schauplatz der von Dio Cassius beschriebenen schrecklichen Katastrophe vom 13. December 115, bei welcher Kaiser Trajan zugegen war; sie wurde nach minder heftigen Erdbeben im Monate Mai 518 wieder zerstört, dann am 29. November 528 abermals niedergeworfen und wurde am 31. October 589 wieder das Grab von Tausenden von Menschen.[78] Seither ist sie noch oftmals erschüttert worden. Von Antiocheia zieht sich die seismische Zone gegen Aleppo und Mambedj (Hierapolis), kreuzt den Euphrat und setzt sich von Urfa (Edessa) wahrscheinlich noch in der Richtung von Diarbekr gegen den Berg Nemrud oder Sipan-Dagh an dem Nordrande des Van-See's fort. Ihr fallen die grossen Unglücksfälle der Jahre 715, 995, 1003, 1091, 1114, 1156 n. Chr. und eine Reihe anderer grosser Erdbeben zu; aus dem laufenden Jahrhunderte nenne ich nur die Zerstörung von Aleppo im Jahre 1822. Diese Linie fällt in den Bereich jener meisterhaften Studie, welche kürzlich H. Abich über die Erdbeben des armenischen Hochlandes veröffentlicht hat, in welcher bereits diese Zone von seismischen Katastrophen als das Anzeichen eines in der Tiefe verborgenen, complicirten Bruchsystems in der Erdrinde dargestellt wird.[79]

Gerade in der Nähe des eben genannten Aleppo wird diese Zone von einer zweiten gegen Südsüdwest laufenden Erdbebenzone gekreuzt, welche mit dem Jordanbruche und auch mit der Linie der syrischen Küste in Zusammenhang zu stehen scheint. Sie beginnt in der Gegend von Malatiah am oberen Euphrat und läuft von Aleppo über Hamah (Epiphania) nach Homs (Emesa) und von da an wahrscheinlich zu beiden Seiten des Anti-Libanon, sowohl über Baalbek, als über Damaskus weiter gegen Süd. Der nördliche Theil dieser Zone wird vortrefflich erläutert durch die Angaben des arabischen Schriftstellers As-Soyúti über die in dem Jahre 552 Hedschra (1158 n. Chr.; nach anderen Berichten 551 Hedschra) mit einer gewaltigen Erschütterung beginnenden Reihe seismischer Bewegungen.[80] Auch Hoff hat Nachrichten über dieselbe gesammelt und hebt hervor, dass diese Erdbeben sich auf einer Linie von 4 Breitegraden äusserten.[81] Nach As-Soyúti's Angaben dürften die Erschütterungen im Norden begonnen, erst später gegen Damaskus vorgerückt und dann wieder gegen Aleppo und Hamah zurückgekehrt sein.

Von diesen beiden die syrische Wüste umgebenden und in der Nähe von Aleppo sich kreuzenden Zonen dürften jene Vorgänge im Jahre 763 v. Chr. und den folgenden Jahren ausgegangen sein, welche Assyrien beunruhigten und Palästina erschreckten, und welche in den assyrischen Verwaltungslisten vermerkt und in den Büchern der Propheten angerufen sind.

Es ist mir aber nicht wahrscheinlich, dass jene Erdbeben, welche der Sintfluth als Warnungen vorhergingen und sie begleiteten, aus diesen Gebieten stammten. Schläfli hat während seines allerdings gar kurzen Aufenthaltes in Mesopotamien nur solche Erdbeben kennen gelernt, welche aus der Ferne, entweder von Norden oder von Süden her, etwa von dem oft betroffenen Schiras in Persien, dem Lande mitgetheilt wurden.

Die Erdbeben der Sintfluth lassen einen südlichen Ursprung, wahrscheinlich innerhalb des persischen Meerbusens, vermuthen.

Grosse Störungen in der Atmosphäre, unermesslicher Regen und Sturm und Finsterniss haben die Erderschütterung begleitet. Die Finsterniss war nicht jene, welche z. B. vorübergehend bei dem Erdbeben von Lissabon herbeigeführt wurde durch den in die

Luft gewirbelten Schutt und Staub der stürzenden Stadt. Auch berechtigt uns nichts zur Annahme einer durch die Asche einer vulcanischen Eruption herbeigeführten Finsterniss. Es ist die Finsterniss des hereingebrochenen Wirbelsturmes.

Die Strasse der Cyklone vom October 1842, deren letzte zweifelhafte Spuren bis gegen die Insel Bahrein zu reichen scheinen, schliesst nicht einmal ganz und gar die Möglichkeit aus, dass sogar von dem gewöhnlichen Ausgangspunkte, den Andamanen, ein Wirbelsturm in den persischen Meerbusen gerathe.[82]

Der eilfte Monat, welchem nach Rawlinson's Meinung dieser eilfte Gesang entspricht, ist nicht Êa, dem Gotte des Meeres, oder den Anunnaki, den unterirdischen Geistern, sondern Rammân, dem Sturmgotte geweiht; die wortgetreue Uebersetzung des akkadischen Namens ist: ‚Monat des Fluches des Regens' oder kurz: ‚Monat des Fluches'.[83] —

Es ist nicht ganz ohne Interesse für das Verständniss so grosser Naturerscheinungen, zu untersuchen, wie verschiedenartig ihr Eindruck auf die verschiedenen Schichten und Richtungen des Menschengeschlechtes ist.

Auf den Andamanen-Inseln, welche so oft von Erderschütterungen heimgesucht werden und die wir als den Ausgangspunkt der meisten indischen Wirbelstürme kennen gelernt haben, hat sich in Abgeschlossenheit ein kleiner Rest einer Urbevölkerung erhalten. Nicht einmal bis zum Cultus der Sonne haben sich diese Menschen noch erhoben. Einen Dämon der Wälder kennen sie, Eremchangala, der die Erdbeben verursacht, und einen Dämon der See, Juruwinda. Die äusserste Furcht vor diesen ist das einzige Gefühl, das sie bei solchen Katastrophen erfüllt. Das ist die zitternde, schreckerfüllte, nackte Creatur im Anblicke der grossen Gewalten.[84]

Betrachten wir das Verhalten einer nächsten Culturstufe. Am 10. Juli 1862 wurde Acera an der Küste von Guinea und ein beträchtlicher Theil der benachbarten Gebiete erschüttert. Der holländische Kaufmann Euschart befand sich an jenem Tage zu Abomey, der Hauptstadt des Königreiches Dahomey. Er wurde auf den Marktplatz beschieden. Dort sass auf einem Throne der König, umgeben von seinen bewaffneten Amazonen, und erklärte,

es sei der Geist seines Vaters, welcher die Erde erschüttert, weil die alten Gebräuche nicht mehr befolgt werden. Drei kriegsgefangene Häuptlinge wurden hingerichtet, um dem Geiste des Verstorbenen zu melden, dass man fortan genauer die Gebräuche befolgen werde.[85]

Auf den folgenden Stufen wird die Aeusserung bestimmt durch die Richtung der Erziehung und den Lebensberuf des Einzelnen.

Da ist zuerst der trotzige Krieger. Am 4. September 1596 war grosses Erdbeben zu Kiyoto und Osaka in Japan. Die Burg von Fushimi, viele Häuser von Kiyoto, auch das Gebäude, in welchem die Statue des Gottes Daibuzu aufgestellt war, stürzten ein. Da, so berichtet Edm. Naumann, begab sich Taiko Toyotomi Hideyoschi nach dem Gebäude des Daibuzu, stellte sich vor dem gefallenen Götzenbilde auf, beschuldigte mit zorniger Stimme den schwachen Gott, dass er statt das Land zu schützen, sich selbst nicht zu erhalten die Macht habe, nahm Bogen und Pfeil und schoss nach der Statue.[86]

Ganz anders urtheilt der Naturforscher. Im Jahre 62 oder 65 n. Chr. war Apollonius von Tyana auf der Insel Kreta. Als er an der gegen das Libysche Meer liegenden Küste, an einem Vorgebirge in der Nähe von Phästus eine Unterredung mit vielen Männern hatte, die das Heiligthum auf diesem Vorgebirge verehrten, entstand plötzlich ein Erdbeben. Der Donner, sagt Philostratus, brüllte nicht von den Wolken herab, sondern aus der Tiefe, und das Meer zog sich wohl sieben Stadien weit zurück, so dass die Menge besorgte, das zurückweichende Meer werde den Tempel nach sich ziehen und sie Alle mit hinwegspülen. Apollonius aber sprach: ‚Seid getrost; das Meer hat ein Land geboren.‘ Nach wenigen Tagen erfuhr man, dass zur selben Zeit sich eine neue Insel zwischen Thera und Kreta aus dem Meere erhoben habe.[87]

Wieder anders urtheilt die grosse Menge. In dem allgemeinen Schrecken schwindet nicht nur der Trotz und die Gabe der Beobachtung, sondern oft auch jede Ueberlegung. Das Unzweckmässigste wird unternommen; man flüchtet an den Fuss von Säulen, welche den Einsturz drohen, wie auf dem Marktplatze von

Sillein in Ungarn am 15. Januar 1858, und es verloren nach Hamilton's Aufschreibungen 2473 Menschen bei dem calabrischen Erdbeben am 5. Februar 1783 nur durch den Umstand das Leben, dass sie sich auf den flachen Meeresstrand bei Scylla flüchteten. Es ist bei neueren Erdbeben wiederholt vorgekommen, dass man Wasserbecken nur zu dem Zwecke aufstellte, um sich zu überzeugen, ob die Schwankungen der Erde wirklich noch fortdauerten, da man unausgesetzt solche Schwankungen zu bemerken meinte, und wer die Schilderungen des Kleinmuthes der Ueberlebenden nach dem grossen Erdbeben von Lissabon vom 1. September 1755 liest, begreift auch vollständig den Seelenzustand Ḫasîs-Adra's nach der Sintfluth.

Bei dem ersten Sonnenstrahle und der ersten Oeffnung einer Luke bricht er in Thränen aus. Gerettet, opfert er sofort den Göttern. In der Erinnerung an den Umstand, wie er, ohne des Hohnes der Menge zu achten, sein Schiff gebaut,[88] gestalten sich die damals beobachteten wiederholten Anschwellungen der Fluth zu Warnungen des wohlwollenden Meeresgottes, und der farbige Regenbogen wird nach solcher Finsterniss zum Zeichen des Friedens in der Natur und der Versöhnung der Gottheiten.

All' das Wunderbare dieses Berichtes löst sich auf in die Wirkung jener Empfindungen, welche auch heute unter ähnlichen Erlebnissen das Menschenherz bewegen möchten, und indem wir dies anerkennen, zeigt sich zugleich, wie seit jener entfernten Zeit unter dem Wechsel so vieler Dinge das menschliche Gemüth doch so gar nicht verändert worden ist. Und darum trägt gerade in diesen Zügen die einfache Erzählung des Ḫasîs-Adra den Stempel ergreifender Wahrheit.

Der Schiffscapitän vermerkt, nachdem er mit entmastetem Fahrzeuge dem Wüthen der Cyklone glücklich entkommen ist, beruhigt das Steigen des Luftdruckes; was sonst sein Herz fühlen mag, das sagen die Aufschreibungen des Logbuches nicht. Als aber am 10. October 1780, während Engländer und Franzosen im Kriege lagen, die grosse Cyklone über die Antillen eine breite Strasse der Verheerung zog, die Flotten zerstreute und zertrümmerte und zwei englische Schiffe auf Martinique an den Strand warf, da schickte der französische Befehlshaber Marquis de Bouillé

die geretteten Engländer dem feindlichen Gouverneur von Santa Lucia mit dem Bemerken zurück, er könne die Opfer einer allgemeinen Katastrophe nicht als Gefangene behalten.[89] Das ist eben jenes Gefühl des Niedersinkens alles menschlichen Streites, jenes erdrückende Bewusstsein menschlicher Kleinheit im Anblicke der grossen Gewalten der Natur, welches das religiöse Moment der Sintfluthsage ausmacht.

Dieses Moment entspricht aber so vollständig der Menschennatur, dass die Ueberlieferung von diesem gewaltigen Ereignisse willige Aufnahme unter die heiligen Mythen der verschiedensten Völker gefunden hat, und dass gerade wegen der grossen Verbreitung der Sage es uns um so schwieriger wird, die thatsächliche Ausbreitung des Ereignisses zu erkennen.

In den weiten Kreis der Sintfluthsagen sind auch Traditionen aufgenommen worden, welche von der Entstehung der Meere handeln, also in die Gruppe der kosmogonischen Mythen gehören und der Sintfluth ganz fremd sind. So ist es unter den Mythen der alten Welt der Fall mit jenem grossen Regen, durch welchen nach dem VII. Capitel des Pehlevi Bundehesch die Gewässer der Erde erzeugt wurden. Ein Beispiel einer solchen kosmogonischen Mythe der neuen Welt ist die Sage der Antillenbewohner von den Brüdern, welche die Kürbisflasche finden, aus welcher sich, nachdem sie zerbrochen wurde, unermessliche Wassermengen ergiessen. In der ursprünglichen Darstellung dieser Sage durch Petrus Martyr ist gar nicht die Rede von einer strafenden und vernichtenden Sintfluth, sondern von der Entstehung der Meere, welche die tiefen und bisher trockenen Theile der Erde erfüllten, und wobei die Berge zu Inseln wurden.[90]

Bei mehreren amerikanischen Völkerschaften trifft man ferner Fluthsagen, welche von so bestimmten Einzelheiten aus der biblischen Darstellung begleitet sind, dass der Einfluss der Missionäre auf dieselben unverkennbar ist, wie dies schon oft, insbesondere von Waitz, betont worden ist.[91]

Eine andere Reihe von Ueberlieferungen ist, hauptsächlich an der westlichen Küste von Südamerika und auf den oceanischen Inseln, bis Fidji, aus verschiedenen seismisch erregten Hochfluthen hervorgegangen. Solche Ueberlieferungen sind bereits erwähnt

worden, als von dem Schwanken der Oceane bei grossen Erdbeben gesprochen wurde. Réville hat kürzlich oceanische Sintfluthsagen gesammelt.[92]

Nach Ausscheidung all' dieser, für die Beurtheilung der Ausbreitung des mesopotamischen Ereignisses unverwendbaren Ueberlieferungen bleibt uns in der alten Welt eine Anzahl von Berichten zurück, welche sich in mehrere Gruppen theilen lassen.

Die erste, dem Ereignisse selbst zunächst stehende Gruppe von Berichten bilden das Izdubar-Epos und die Bruchstücke des Berosus.

Dabei erwähnt der Bericht des Berosus einen Umstand, von welchem das Izdubar-Epos vollkommen schweigt, nämlich die Vergrabung und nachmalige Auffindung der Schriften in der Sonnenstadt Sippara. Eusebius schreibt: ... *Mandavisse, ut libros omnes, primos nimirum, medios et ultimos, terrae infossos in solis urbe Sipparis poneret....* Es ist schwer zu sagen, ob Berosus aus einer anderen, vollständigeren Quelle geschöpft als der Verfasser des Izdubar-Epos, oder ob es sich um eine spätere Zuthat handelt. Die Vergrabung von Urkunden in den Grundvesten von Tempeln und Palästen war von altersher in Babylonien üblich. Wie ein neugefundener Cylinder des Königes Naboned (etwa 550 v. Chr.), den kürzlich Pinches beschrieben hat, berichtet, hatte der König Nebukadnezar (604—561) vergeblich unter dem Sonnentempel Ê bara zu Sippara nach alten Schriften gesucht. Erst später gelang es seinem Nachfolger Naboned in einer Tiefe von 18 Ellen einen uralten Cylinder aufzufinden: ‚Den Cylinder des Narâm-Sin, Sohnes des Sargon, welchen durch 3200 Jahre kein König der vor mir wandelte, gesehen hatte, hat mir Samas enthüllt, der grosse Herr zu Ê-bara, dem Hause, dem Sitze der Freude seines Herzens.'

Dies führt zum Jahre 3750 zurück und stellt den alten König Sargon I., dessen Aussetzung oben erwähnt wurde, etwa in das Jahr 3800 v. Chr.[93]

Die zweite Gruppe vertreten die beiden in der Genesis miteinander verwobenen Darstellungen des Jahvisten und des Elohisten. Ihre weitgehende Uebereinstimmung mit den Angaben der ersten Gruppe von den Warnungen und dem Verpichen des

Fahrzeuges bis zu dem Aufrichten des Regenbogens ist augenfällig. In den ziffermässigen Angaben über die Zahl der Thiere, wie über die Zeiträume weichen beide Berichte von dem Izdubar-Epos ab und widersprechen sich auch untereinander. Der jahvistische Bericht gibt der Ziffer sieben jene Bedeutung, die sie so oft in assyrischen Berichten, so auch im Izdubar-Epos besitzt. Es fehlt ferner nicht an anderen kleineren Abweichungen, so in Bezug auf die ausgesendeten Vögel, und dass der babylonische Noah, wie Gen. V, 23 von Henoch erzählt wird, zu den Göttern entrückt wird.

Die wesentliche und bezeichnende Verschiedenheit liegt aber darin, dass die gesammte Darstellung in der Genesis jene Färbung angenommen hat, welche die Tradition bei einem binnenländischen Volke annehmen musste.[94] Oft schon ist darauf aufmerksam gemacht worden, dass hier mangelnde Vertrautheit mit dem Meere bemerkbar wird. In der That fehlt der Steuermann und aus dem Schiffe wird ein Kasten oder Koffer, eine ‚*Arche*'. Selbstverständlich ist keine Rede von all' den Gottheiten, welche die Naturkräfte versinnlichen sollen, aber es tritt dafür namentlich in den jahvistischen Theilen die unmittelbare, persönliche Thätigkeit der Gottheit sehr hervor, wie bei dem Verschliessen des Kastens (Gen. VII, 16).

Dabei verwandeln sich zuerst die Berathung der Götter, welche der Fluth vorangeht, und dann die besänftigende Anrede Êa's an Bêl, durch welche die Gefühle der Gnade nach der Katastrophe wieder wachgerufen werden, in bemerkenswerther Weise in zwei Selbstgespräche Jahveh's, welche schon seit langer Zeit Befremden unter den Bibelforschern hervorgerufen haben. Selbst die hier sonst benützte ed. Tischendorf bringt nicht den ursprünglichen Text. Sie sagt VIII, 21: *Odoratusque est Dominus odorem suavitatis, et aït*: — da doch nach S. Hieronymus zu sagen wäre: *et aït ad cor suum:* — entsprechend bei Luther: *Und der Herr roch den lieblichen Geruch, und sprach in seinem Herzen: Ich will hinfort nicht mehr die Erde verfluchen....*[95]

Für uns ist die Darstellung der Genesis eine entlehnte Darstellung, doch unzweifelhaft auf dasselbe Ereigniss sich beziehend.

Wir gehen zu einer dritten Gruppe, den Aegyptern. Die Frage nach dem Bestande einer einheimischen Sintfluth-Tradition ist hier von besonderer Bedeutung, da das Ereigniss am unteren Euphrat in eine Zeit fällt, in welcher seit lange schon ägyptische Cultur blühte, und das Fehlen einheimischer Berichte als ein Beweis dafür angesehen werden darf, dass die Katastrophe das Mittelmeerbecken nicht erreicht hat. In der That ist das Wenige, was sich von ägyptischen Ueberlieferungen hieher beziehen lässt, so abweichend, dass entweder die wenigen Anknüpfungspunkte nur als eine scheinbare oder zufällige Uebereinstimmung anzusehen sind, oder dass eine gänzliche Umgestaltung der aus der Fremde erhaltenen Ueberlieferung durch den Einfluss der Priester angenommen werden muss.

Der ausführlichste Rest ägyptischer Mythologie, welcher hieher bezogen werden könnte, ist der Bericht über die Vernichtung der Menschen durch die Götter, welcher die vier Wände einer entlegenen Kammer in dem weiten Grabe Seti I. (etwa 1350 v. Chr.) zu Theben bedeckt.

Der wesentliche Inhalt lautet nach Brugsch folgendermassen: [96]

Ra beruft den Rath der Götter. Ra zürnt den Menschen und klagt, dass sie Reden gegen ihn führen. Ihr Untergang wird beschlossen. Die Göttin Hathor vollzieht das Werk. Sie kehrt zurück und wird von Ra belobt; bis Herakleopolis ist das Land mit Blut bedeckt.

Ra ruft alle seine Boten zusammen und lässt Menschenblut und Früchte der Alraune in Gefässe füllen; siebentausend Krüge des Getränkes werden bereitet. Ra kömmt am nächsten Morgen, um diese Krüge zu sehen. Und es war Niemand von den Menschen vernichtet worden, welche zur rechten Zeit aufwärts gezogen waren. Hierauf spricht die Majestät des Ra: Diese sind die Guten! Ich werde die Menschen beschützen darum.

Ra befiehlt, in der Nacht das Nass aus den Krügen zu schütten, und die Felder werden mit Flüssigkeit bedeckt. Es kommt am Morgen die Göttin und sieht die überflutheten Felder; sie ist erfreut und sie trinkt davon; ihre Seele wird fröhlich, und sie erkennt nicht die Menschen.

Die fernere Fortsetzung des Mythos, die Geburt der Priesterinnen, die weitere Reue Ra's, das Wiedererscheinen von Menschen, ihre Versöhnung mit Ra, wie Ra den einzelnen Gottheiten ihre Aufgaben zutheilt und sich selbst zurückzieht, — das Alles steht mit der Sintfluth nicht in Verbindung.

Es ist vielmehr die Frage, ob auch in dem vorhergehenden Theile irgend eine solche Verbindung nachweisbar ist. Der Rath der Götter, die Vernichtung, die nachfolgende Gnade der Gottheit, sogar das Versprechen, nicht zu wiederholen, sind vorhanden. Die Katastrophe selbst ist aber von ganz verschiedener Art. Hathor vollzieht das Gericht auf blutige Weise. Nachträglich erst ist von einer Ueberfluthung die Rede, doch offenbar nicht im Sinne einer Strafe.

Allerdings ist bemerkt worden, es sei jede Ueberschwemmung für das ägyptische Volk so sehr mit den Begriffen des Reichthums und des Lebens verbunden, dass es nothwendig gewesen sei, die ursprüngliche Ueberlieferung zu ändern und dem Gerichte Ra's eine andere Gestalt zu geben.[97] Hierüber sind verschiedene Ansichten zulässig. Es geht aber aus der ganzen Darstellung hervor, dass in Aegypten selbst die grosse Katastrophe nicht eingetreten ist und in dem ägyptischen Volke die Erinnerung an ein solches Ereigniss nicht bestand, wenn auch vielleicht chaldäische Berichte zur Kenntniss der Priester gekommen sind und man ihre Spuren in diesem Mythos suchen mag. Brugsch leugnet jede Beziehung zu dem chaldäischen Mythos.

Die vierte Gruppe bilden die hellenisch-syrischen Berichte. Bei ihrer Vergleichung darf man nicht übersehen, dass die Küsten des östlichen Mittelmeeres, auch die hellenischen Gestade, im Alterthume wie in neuerer Zeit häufig von seismisch erregten Fluthen überspült worden sind. Ein Beispiel seismischer Bewegung des Meeres, welches nicht wenig an den Untergang des Pharao Menephtah erinnert, trat im Jahre 479 v. Chr. ein, als Artabazus die Stadt Potidaea belagerte, welche den Zugang zur Halbinsel Pallena, dem westlichen Vorgebirge der Chalcidyce, abschloss. Herodot erzählt, wie die Belagerer eines Tages eine beträchtliche Ebbung des Meeres wahrnahmen, durch welche die Bucht gangbar wurde, wie sie dieselbe gegen Pallena durchqueren wollten und

plötzlich von der rückkehrenden Fluth ereilt wurden.[98] Es sind noch viele andere und weiter in's Land reichende Fluthen derselben Art aus Hellas bekannt; J. Schmidt hat mehrere Beispiele aufgezählt.[99]

Unter solchen Verhältnissen ist es begreiflich, dass in Hellas Traditionen von wiederholten Fluthen vorhanden waren, so jener des Ogyges, des Deukalion, des Dardanos; daneben bestanden vereinzelte Ueberlieferungen auf den Inseln, wie auf Samothrake. An diese und insbesondere an die Berichte von der Fluth des Deukalion wurden einzelne Theile der chaldäischen Ueberlieferung, wie von der Rettung in einem schwimmenden Kasten, dem Mitnehmen von Thieren und dem Aussenden von Vögeln, namentlich einer Taube, geknüpft. Bezeichnend aber für diese Gruppe von Ueberlieferungen ist ihre Verbindung mit einer Ceremonie, welche hier noch nicht erwähnt worden ist. Es ist dies die Todtenfeier, welche zur Erinnerung an die Fluth des Deukalion zu Athen jährlich am 13. des Monats Anthesterion gefeiert wurde. Hieher gehört nach Mommsen's Darstellung die Wasserspende, Hydrophoria, und die Darbringung von Honig mit Zuthat von Mehl an dem Erdschlunde, in welchen das Wasser der Deukalionischen Fluth hineingeströmt sein sollte. Der Erdschlund liegt ausserhalb des lenäischen Bezirkes, jedoch benachbart, beim Tempel des olympischen Zeus.[100]

Eine vollständige und merkwürdige Wiederholung der Ceremonie der Hydrophoria trifft man in der Beschreibung des Tempels zu Hierapolis am oberen Euphrat, welche in der mit Recht oder Unrecht Lucian zugeschriebenen Schrift ‚von der syrischen Göttin' enthalten ist.[101]

Die betreffenden Stellen lauten wie folgt:

‚Die Meisten sagen, dass Deukalion Sisythes[102] das Heiligthum erbaut habe, dieser Deukalion, unter welchem die grosse Wasserfluth stattfand. Von Deukalion hörte ich auch in Hellas die Sage, welche die Hellenen von ihm erzählen, die sich folgendermassen verhält: ... Nun wird die Schlechtigkeit der ersten Menschen erzählt. — ‚Zur Strafe,' — heisst es dann — ‚traf sie grosses Unglück. Sogleich sandte die Erde aus ihrem Schoosse eine Menge Wasser empor, gewaltige Regengüsse traten ein, die Flüsse schwollen an, und das Meer ergoss sich weithin über das

Land, bis Alles Wasser wurde und Alle umkamen, nur Deukalion blieb von den Menschen allein....‘ Er hatte nämlich einen Kasten gebaut und seine Familie, sowie Paare von allerlei Gethier waren in den Kasten getreten. Alle fuhren in dem einen Kasten, so lange das Wasser anhielt. So erzählen die Hellenen über Deukalion.‘

‚Hiezu fügen die Bewohner der heiligen Stadt eine höchst merkwürdige Geschichte: es sei in ihrem Lande eine grosse Erdöffnung entstanden, und diese habe alles Wasser aufgenommen: Deukalion aber habe, nachdem dies geschehen sei, Altäre errichtet und neben der Erdöffnung den Tempel zu Ehren der Here erbaut. Die Erdöffnung sah ich, es befindet sich unter dem Tempel eine sehr kleine. Ob sie in alten Zeiten gross war und jetzt so geworden ist, weiss ich nicht: die ich sah, ist sehr klein. Zum Zeichen und Gedächtniss dieser Geschichte thun sie Folgendes: zweimal in jedem Jahre wird Wasser aus dem Meere in den Tempel gebracht. Dies tragen nicht allein die Priester, sondern ganz Syrien und Arabien, ja von jenseits des Euphrat ziehen viele Menschen zum Meere hinab, und Alle tragen Wasser; zuerst giessen sie es im Tempel aus, dann geht es in die Erdöffnung, und die kleine Erdöffnung nimmt eine grosse Menge Wasser auf. Und bei dieser Ceremonie sagen sie, Deukalion habe dieselbe im Tempel zur Erinnerung an das Unglück und seine Wohlthat eingesetzt. Dies ist ihre alte Sage über das Heiligthum.‘

An späterer Stelle wird erzählt, dass im Innern des Tempels ein Götterbild der Here stehe und ein anderes desjenigen Gottes, ‚den sie, obgleich es Zeus ist, mit einem andern Namen benennen‘. ‚Zwischen beiden steht eine andere goldene Bildsäule.... Die Assyrer selbst nennen sie das Zeichen, geben ihr keinen besonderen Namen und wissen nichts von ihrem Ursprunge, noch von ihrer Gestalt zu sagen. Einige beziehen sie auf Dionysos, andere auf Deukalion, noch andere auf Semiramis. Es befindet sich nämlich auf ihrem Kopfe eine goldene Taube· aus diesem Grunde will man, dass sie die Semiramis darstellt. Zweimal in jedem Jahre wird sie nach dem Meere geschafft, um das Wasser, von dem die Rede war, zu holen.‘

Diese Erzählung habe ich ausführlicher angeführt, weil sie ein gutes Beispiel der Vermengung und der Uebertragung der

Mythen gibt. Vergessen wir zuerst nicht, dass Lucianus in dem zweiten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung lebte, und der Bericht folglich unvergleichlich viel jünger ist als alle bisher erwähnten. Gleich an seiner Spitze ist der Name Deukalion[103] mit dem hellenisirten Ḫasîs-Adra oder Xisuthros, hier Sisythes, vereinigt. Obwohl das Heiligthum am oberen Euphrat steht, wird der erste Theil ausdrücklich als Sage der Hellenen angeführt, welcher doch in allen wesentlichen Theilen mit der uralten chaldäischen Ueberlieferung übereinstimmt. Sogar die drei verschiedenen Formen der Ueberfluthung, aus der Erde, vom Himmel und vom Meere her, sind erwähnt.

Im zweiten Theile verbindet die Hydrophoria das weit landeinwärts liegende Heiligthum mit dem Meere; wir mögen hellenische Sitte darin sehen, wenn auch die Taube auf dem Haupte jener Gottheit, welche angeblich zweimal im Jahre die Reise zum Meere machen musste, ganz an die chaldäischen Berichte mahnt.

So ist die Sintfluthsage vom unteren Euphrat auf verzweigten Wegen nach Hellas und von dort, wie es scheint, wieder zurück an den oberen Euphrat gelangt, und es fragt sich nun, warum gerade hier in Hierapolis absorbirende Spalten angegeben wurden. Solche Spalten werden bei Erderschütterungen wirklich zuweilen gebildet; die bereits erwähnte Entwässerung des Lake Eulalie im Thale des Mississippi ist auf diese Weise vor sich gegangen, und Hierapolis (Mambedj) liegt in der That auf der grossen Erdbebenzone von Antiocheia. Die wahre Ursache dürfte aber eine einfachere sein. Rey hat die Ruine des Tempels gesehen und einen Plan derselben veröffentlicht; sogar von einem Fischteiche innerhalb der Umfassung des Heiligthums, den der alte Bericht erwähnt, ist heute noch ein Rest vorhanden, und Rey vermuthet, dass unterirdische Wasserläufe, welche in der Stadt vorhanden sind, die Wiederholung der Fabel von dem die Sintfluth absorbirenden Schlunde und die Entstehung des Heiligthums veranlasst haben dürften.[104] —

Es ist nicht meine Absicht, in der Vergleichung dieser aus dem chaldäischen Ereignisse ganz oder zum Theile abgeleiteten Darstellungen noch weiter zu gehen.

Vier Gruppen haben wir kennen gelernt. Die erste, das Izdubar-Epos und die Bruchstücke des Berosus, steht dem Ereignisse selbst am nächsten. Die zweite, die beiden Berichte der Genesis umfassend, schliesst sich nahe an und weicht hauptsächlich ab durch die geringe Kenntniss der Seeschifffahrt. Die dritte Gruppe ist die ägyptische; nur ein einziger Bericht, aber der wichtigste, wurde erwähnt. Die Vernichtung der Menschen wird nicht durch eine Fluth, sondern durch die blutvergiessende Hathor ausgeführt; eine Fluth erscheint in untergeordneter Rolle nach dem Strafgerichte. Der Zusammenhang mit der chaldäischen Sage ist sehr lose und kann sogar überhaupt angezweifelt werden. Die vierte Gruppe ist die jüngste. Es sind die hellenisch-syrischen Traditionen; sie umfassen mehrere, wahrscheinlich seismische Fluthen, welche Theile von Hellas oder alle Küsten desselben betroffen haben und an welche chaldäische Anklänge und die Ceremonie der Hydrophoria geknüpft worden sind.

Aus keinem dieser Berichte lässt sich eine Ausbreitung des Ereignisses von Surippak bis in das Becken des Mittelmeeres erweisen.

Bei dem hohen Alter ägyptischer Cultur und der Fremdartigkeit des dortigen Mythos lässt sich im Gegentheile mit nicht geringer Sicherheit annehmen, dass das Mittelmeerbecken nicht erreicht wurde.

Die heiligen Bücher der Inder enthalten mehrere Berichte von einer grossen Fluth, und zwar sowohl in der Rig-Veda, als in jüngeren Schriften. Viele Umstände sprechen dafür, dass Satyavrata in der Bhâgavata-Purâna, welchem von Vischnu die grosse Fluth verkündet wird, und welcher gerettet wird als Bewahrer der heiligen Schriften, dieselbe Persönlichkeit sei wie Ḫasîs-Adra, wobei noch hinzutritt die aus Berosus bekannte Episode der heiligen Schriften. Aber all' diese unter mannigfaltigen Umgestaltungen erkennbaren Anklänge an die chaldäische Ueberlieferung deuten wohl an, dass die Tradition von dem grossen Ereignisse hieher getragen worden sei, nicht aber, dass die Fluth selbst hieher gereicht habe. Schon dass in dem ältesten dieser Berichte, in der Rig-Veda, der gerettete Manu Vaivasvata sein Schiff an einer der Hochspitzen des Himalaya befestigt, zeigt, dass die Sage aus

fremdem Lande eingeführt und in gänzlich naturwidriger Weise localisirt worden ist.

Von weit grösserer Bedeutung erscheinen mir die chinesischen Berichte.

Die Schriften der Chinesen reichen bis in das dritte Jahrtausend v. Chr. zurück; diese alten Bücher sind historische Aufzeichnungen; frei von allen Wundern, ohne den Anspruch auf eine höhere Offenbarung, erzählen sie in der Regel in nüchterner und bestimmter Sprache die Begebenheiten. Das bedeutendste derselben ist der Schû-King, das Buch der geschichtlichen Documente; es wurde durch Legge's treffliche Ausgaben dem europäischen Leser eröffnet.[105]

Aus dem Schû ist ersichtlich, dass unter der Regierung des Kaisers Yâo eine grosse und verheerende Ueberfluthung China bedeckte. Das Jahr des Regierungsantrittes des Kaisers Yâo setzen wir, nachdem J. B. Biot aus astronomischen Angaben diese ziemlich allgemein angenommene Ziffer für richtig hält, mit Legge auf 2357 v. Chr. Yâo regiert siebzig Jahre. Er beruft zuerst Khwăn, dem durch die Ueberschwemmung herbeigeführten Uebel zu steuern.

Im Schû, Canon des Yâo, 3 lautet die betreffende Stelle: ‚*Der Tî sagt: Fürst der Vier Berge, zerstörend in ihrem Ueberfliessen sind die Wässer der Ueberschwemmung. In ihrer weiten Ausdehnung umfassen sie die Berge und überdecken die grösseren Höhen, bedrohend die Himmel mit ihren Fluthen, so dass das niedere Volk unzufrieden ist und murrt! Wo ist ein fähiger Mann, welchen ich beauftragen könnte, diesem Uebel zu steuern?*‘[106]

Durch neun Jahre bemüht sich Khwăn vergebens; hierauf wird Yü berufen. Binnen acht Jahren vollendet er grosse Werke; er lichtet die Wälder, regelt die Ströme, dämmt sie ein und öffnet ihre Mündungen, schafft der Bevölkerung Nahrung und ordnet als grosser Wohlthäter das ganze Reich.

Der dritte Theil des Schû, welchen die Bücher von Hsiâ ausmachen, bildet in seinem ersten Buche unter dem Titel ‚Yü-king‘ oder ‚der Tribut des Yü‘ nicht nur eine eingehende Darstellung der von Yü durchgeführten Arbeiten, sondern den Umriss einer Landesbeschreibung, welche Flüsse, Gebirge und Seen und die

Hilfsmittel der Provinzen aufzählt. Es ist unmöglich, diesen ehrwürdigen Rest einer uralten Staatsverwaltung zu lesen, ohne zu Empfindungen der höchsten Achtung geführt zu werden gegen eine Nation, welche solche Berichte aus so ferner Zeit besitzt, und welche durch die folgenden Jahrtausende solchen Thaten des Friedens und der Volkswohlfahrt den höchsten Ruhm zuerkennt.

F. v. Richthofen war durch seine ausgebreitete Kenntniss des Landes in den Stand gesetzt, aus dem Yü-king den Verlauf der Ströme vor viertausend Jahren zu ermitteln, und zu erweisen, dass seither die grosse Ebene keine grossen Veränderungen erlitten hat, mit Ausnahme jener, welche durch Menschenwerk, durch den Wechsel im Laufe des gelben Flusses und durch das Anwachsen der Küste verursacht wurden. Zugleich aber wurde durch Richthofen's Nachweisungen die von Ed. Biot, ja bis zu einem gewissen Grade von Legge selbst bezweifelte Genauigkeit der Angaben über Yü's grosse Arbeiten mit dankenswerther Ausführlichkeit sichergestellt.[107]

Einzelne Missionäre haben, wenn auch nur in sehr umschränkter Weise, in dieser Ueberfluthung einen Anklang an die biblische Sintfluth vermuthet; Bunsen ist dieser Vermuthung mit grosser Schärfe entgegengetreten; in neuerer Zeit scheint man geneigt, dieselbe dem Ho zuzuschreiben, welcher auch seither so grosse Verwüstungen angerichtet hat, dass man ihn ‚den Kummer China's' nennt. Zu dieser Ansicht bekennt sich auch Legge.[108] Nichts scheint näher zu liegen als diese Annahme. Leider sind, neben der Ausführlichkeit, mit welcher Yü's Reisen und Arbeiten geschildert werden, die Angaben über die Entstehung der Fluth sehr unvollständig. Man sieht nur, dass durch lange Zeit Wasserflächen auf dem Lande gestanden sind, und dass die eingetretene Störung der Lebensverhältnisse eine beträchtliche war.[109]

Die Ergebnisse lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

1. Das unter dem Namen der Sintfluth bekannte Naturereigniss ist am unteren Euphrat eingetreten und war mit einer ausgedehnten und verheerenden Ueberfluthung der mesopotamischen Niederung verbunden.

2. Die wesentlichste Veranlassung war ein beträchtliches Erdbeben im Gebiete des persischen Meerbusens oder südlich davon, welchem mehrere geringere Erschütterungen vorangegangen sind.

3. Es ist sehr wahrscheinlich, dass während der Periode der heftigsten Stösse aus dem persischen Golf eine Cyklone von Süden her eintrat.

4. Die Traditionen anderer Völker berechtigen in keiner Weise zu der Behauptung, dass die Fluth über den Unterlauf des Euphrat und Tigris hinaus oder gar über die ganze Erde gereicht habe.

Dieser Vorfall ist es nun, welcher unter ganz verschiedenen Voraussetzungen, durch eine sonderbare Verkettung der Umstände und nachdem er durch Jahrtausende der Erinnerung der Völker eingeprägt geblieben war, aus den heiligen Büchern des Alterthumes in die geologische Wissenschaft Ausdrücke wie: ‚Diluvium‘, ‚Diluvial-Formation‘ und ‚diluviale Ablagerungen‘ herübertreten liess. Er ist heftig und zerstörend gewesen, aber es fehlt der Beweis für seine weite Ausbreitung. In schlichten Worten stellen sich dem Geologen seine Hauptzüge etwa folgendermassen dar:

In einer andauernden seismischen Phase mag durch Erdstösse zu wiederholten Malen das Wasser des persischen Meerbusens in das Niederland an den Mündungen des Euphrat geworfen worden sein. Durch diese Fluthen gewarnt, baut ein vorsichtiger Mann, Ḫasîs-Adra d. i. der gottesfürchtige Weise genannt, ein Schiff zur Rettung der Seinigen und kalfatert es mit Erdpech, wie man heute noch am Euphrat zu thun pflegt. Die Bewegungen der Erde nehmen zu; er flüchtet mit den Seinigen in das Schiff; das Grundwasser tritt aus dem geborstenen Flachlande hervor; eine grosse Depression des Luftdruckes, bezeichnet durch furchtbaren Sturm und Regen, wahrscheinlich eine wahre Cyklone, vom persischen Meerbusen hereintretend, begleitet die höchsten Aeusserungen der seismischen Gewalt; das Meer fegt verheerend über die Ebene, erhebt das rettende Fahrzeug, spült es weit landeinwärts und lässt es an jenen miocänen Vorhügeln stranden, welche unterhalb der Mündung des kleinen Zab die Niederung des Tigris gegen Nord und Nordost umgrenzen.

Anmerkungen zu Abschnitt I: Die Sintfluth.

1 Bache, Americ. Journ. Sc. Arts, 1856, 2d ser., XXI, p. 37—43. Hier wurde der erste Versuch gemacht, aus der Fortpflanzung der Bewegung die Tiefe des Oceans zu bestimmen.

2 F. v. Hochstetter, Ueber das Erdbeben in Peru am 13. August 1868 und die dadurch veranlassten Fluthwellen im pacif. Ocean; Sitzungsber. Akad. Wiss., Wien, 1868, Bd. 58, a, S. 837 u. 1869; Bd. 59, b, S. 109.

3 Lettre de Mr. Essarts, Bull. Soc. géogr., 1872, 6e sér., IV, p. 316, und Comptes rend., t. 74, p. 1126.

4 Eug. Geinitz, Das Erdbeben von Iquique am 9. Mai 1877 und die durch dasselbe verursachte Erdbebenfluth im Grossen Ocean; Nova Act. Leop. Car., 1878, XL, S. 385—444, 2 Taf.

5 A True and Particular Relation of the dreadful Earthquake which happen'd at Lima etc. Published at Lima by Command of the Vice Roy etc., 8°, 2d ed., London, 1748, p. 146—148.

6 Ch. Lyell, Principles of Geol., 11th ed., II, p. 154.

7 F. Lenormant, Les Origines de l'Histoire d'après la Bible etc., I, Paris, 1880, p. 487, 488.

8 Die Reste des Berosus, welche sich auf die Sintfluth beziehen, finden sich bei Alex. Polyhist., bei Apollodorus und Abydenus; sie sind gesammelt in G. Smith, The Chaldaean Account of the Genesis, 8°, London, 1876, p. 37—47, bei Lenormant, Orig. I, p. 387—390 u. a. a. O.

9 G. Smith in Transact. Bibl. Archaeol. Soc., 1873, II, p. 213 u. folg. und 1874, III, p. 534 u. folg.; ferner Chald. Genes. p. 263—272.

10 Fox Talbot, Transact. Bibl. Archaeol. Soc., 1875, IV, p. 49—83.

11 Lenormant, Orig. I, Append. V, p. 601—618, und IIa, p. 9, Note; diese Uebertragung stützt sich auf die vorhergehenden Arbeiten Oppert's.

12 Paul Haupt, Der keilinschriftliche Sintfluthbericht, eine Episode des babylonischen Nimrod-Epos; Habilit.-Vorl. geh. a. d. Univ. Göttingen, 1880, 8°, Leipzig, 1881; ferner desselben: Excurs. Der keilinschriftliche Sintfluthbericht, in Schrader, Keilinschriften und altes Testament, 2. Aufl., Giessen, 1883.

13 H. Rawlinson, Notes on Capt. Durand's Report upon the Islands of Bahrein; Journ. Roy. Asiat. Soc., 1880, XII, p. 205; auch Lenormant, Orig. I, p. 393.

14 Ch. T. Beke, On the former Extent of the Persian Gulf and on the comparatively recent Union of the Tigris and Euphrates; Philos. Magaz., 1834, new ser., IV, p. 107—112; Carter, Remarks etc., ebend., 1834, V, p. 246—252; Beke, On the histor. Evidence of the Advance of the Land upon the Sea at the Head of the Persian Gulf; ebend., 1835, VI, p. 401—408.

15 W. K. Loftus, On the Geol. of Portions of the Turko-Persian Frontier; Quart. Journ. Geol. Soc., 1855, XI, p. 251.

16 Al. Schläfli, Zur physikalischen Geographie von Unter-Mesopotamien; Schweiz. Denkschr., 1864, S. 4.

17 F. Delitzsch, Wo lag das Paradies? 8°, 1881, S. 173—182. Ebenso Fr. Hommel, Die vorsemitischen Culturen, 8°, 1883, S. 196. Sehr ausführlich hat auch W. Ainsworth bereits vor längerer Zeit diesen Gegenstand behandelt und dabei gefunden, dass vor etwa 4200 Jahren die Alluvien beiläufig 70 engl. Meilen vom heutigen Strande entfernt sein mochten; vgl. dess.: Researches in Assyria, Babylonia and Chaldaea, 8°, 1838, p. 194.

18 G. Smith, Early history of Babylonia; Trans. Bibl. Arch. Soc., 1872, I, p. 55, 59, 62; F. Mürdter, Kurzgef. Gesch. Babyloniens und Assyriens, 1882, S. 88.

19 W. Ainsworth, Researches in Assyria, Babylonia and Chaldaea, p. 89.

20 Smith, Chald. Genes. p. 266; Lenormant, Orig. p. 606; P. Haupt, Keilinschriftl. Sintfluthbericht S. 13. Dr. Haupt ist in seinem Glossar zum Sintfluthberichte (Schrader, Keilinschr. und Alt. Test., S. 516) geneigt, diese Stelle zu übersetzen: ‚Drei Saren Erdpech verschmierte ich zum Kalfatern, drei Saren Erdöl [brachte ich] in das Innere.' Die Uebersetzung des Wortes qîru ‚Aussenseite' beruht nur auf einer Vermuthung, und in der ersten Zeile wird das Wort kupru (Erdpech, Asphalt), in der zweiten iddû (Erdöl, Naphtha) verwendet; letzterem entspricht im Akkadischen nach Haupt (ebendas. S. 510) äsir = leuchtendes Wasser (Petroleum).

21 Die biblischen Texte sind nach der ed. Tischendorf citirt; es ist meine Absicht nicht, hier auf die alte Streitfrage über den Ausdruck ‚de lignis laevigatis' einzugehen; ich verweise hierüber u. And. auf Beke und Carter, Philos. Magaz., new ser. III, p. 103; IV, p. 178, 280, und V, p. 244.

22 Smith, Chald. Genes., p. 299; Delitzsch, Paradies, S. 209; Jos. Halévy, Revue crit. 1881, p. 482; Mélanges de critique etc., Paris, 1883, p. 162.

23 Ingen. Jos. Cernik's technische Studien-Expedition durch die Gebiete des Euphrat und Tigris, bearb. u. herausg. v. Am. Freih. v. Schweiger-Lerchenfeld; Petermann's Geogr. Mittheil., Ergänzungshefte 44 u. 45, 1875—76, mit 7 Karten, I, S. 23.

24 Herodotus, Clio, 179.

25 Smith, Chald. Genes. p. 62, 98; für die spätere Entwicklung der Kunst, solche Feuergeschosse anzufertigen, insb. R. Maclagan, On early Asiat. Fire-weapons; Journ. Asiat. Soc. Bengal, 1876, XLV a, p. 30—71.

26 Lane Fox, On Early Modes of Navigation; Journ. Anthropol. Inst., 1875, IV, p. 399—435.

27 Haupt, bei Schrader a. a. O. S. 61 und Gött. Nachr. 1883, S. 91.

28 Schläfli, Unt. Mesopot. S. 22, 23.

29 Duthieul, ebend. S. 23, 24.

30 G. Schueler, Bericht an das fürstl. wallach. h. Ministerium etc. über die Erdspaltungen und sonstigen Wirkungen des Erdbebens v. 11./23. Jan. 1838, fol., Bukarest, 1838.

31 L. Bringier, Notice of the Geol. etc. of the regions around the Mississippi and its confluent waters; Sillim. amer. Journ. 1821, III, p. 20—22.

32 Ch. Lyell, Principles of Geol., 11[d] ed., II, p. 109.

33 Die ausführlichen Berichte von Lopatin, Semenof, Phitingof u. A. über diese merkwürdigen Erscheinungen hat Perrey gesammelt; Note sur les Tremblem. de Terre en 1862 p. 111 u. folg. und 1863 p. 67—92.

34 H. W. Dove, Ueber das Gesetz der Stürme; Poggendorff's Annal. d. Phys. u. Chem., 2. Reihe, XXII, 1841, S. 40.

35 Th. Reye, Die Wirbelstürme, Tornado's und Wettersäulen, 8°, 1872, S. 115.

36 Richard, Hist. natur. de l'Air et des Météores, 12°, 1771, VIII, p. 504.

37 Dr. Haupt schreibt: ‚Was das hebräische Nomen proprium der Sintfluth mabbûl eigentlich bedeutet, ist allerdings nicht recht klar. Die gewöhnliche Ableitung von jabal

„strömen" hat ihre Bedenken. — Das assyrische abûbu übersetzte Eb. Schrader in der 1. Ausgabe von: Die Keilschriften und das Alte Testament (1872) durch „Aehrenhaufe", „Haufe", unter Vergleichung des hebr. abîb „Aehren". Vor ihm übersetzten Oppert und Lenormant das Wort durch „éclair", fulmen. — Schrader hatte seine Uebersetzung aus Norris, Assyr. Diction. I, London, 1868. — Die häufige Phrase kîma til abûbi ashup „gleich dem Hügel eines abûbu warf ich nieder", gab Norris, dem Schrader folgte, durch „like a heap of corn I swept away" wieder. — Die Uebersetzung „Storm, whirlwind" hat zuerst Smith (Assurbanipal 56, 74) angewandt. — Praetorius adoptirte dies in der Zeitschrift der Deutschen morgenländ. Gesellsch. Bd. 28, S. 89, und zog das arabische habûb, „stark blasend, heftiger Wind", von habba, „heftig wehen" (woher auch habbâb, „feiner Staub") zur Vergleichung herbei. Die Redensart kîma til abûbi fasste er als „wie ein Haufe, eine Ruine, die der Sturm zerstört hat". — Pognon, L'inscription de Bavian, Paris, 1879, p. 93, dagegen sagt: „Quant à l'expression til abûbi que l'on rencontre souvent dans les textes, je crois qu'elle désigne un monticule inhabité et battu par le vent"; so auch im Glossaire, p. 178. — In demselben Jahre übersetzte dann ich in meinen Sumerischen Familiengesetzen p. 19, 7 das Wort durch „Sturmfluth". — Lotz, Tiglathpilesar, 1880, p. 129, schwankt für til abûbi zwischen „Woge der Sturmfluth" und „Flugsandhügel". — In meinem Sintfluth-Commentare in Schrader's Buche wies ich dann zuerst darauf hin, dass abûbu wie hebr. mabbûl Nomen proprium der Sintfluth ist. — Es ist aus Allem ersichtlich, dass abûbu recht wohl mit Lenormant durch Trombe übersetzt werden kann.' — Diese Auffassung entspricht so sehr den heutigen Erfahrungen an den Gangesmündungen, dass ich, Lenormant's Anschauung beitretend, das Wort Wirbelsturm angewendet hätte, wenn nicht der Einwurf erhoben werden könnte, dass der rotatorische Charakter der grossen Stürme zu jener Zeit unbekannt war.

38 Delitzsch, Paradies, S. 105; Lenormant, Orig. II a, p. 6. Es scheint mir keine Veranlassung vorhanden zu sein, um den Pic von Rowandiz oder überhaupt irgend einen Hochgipfel als Stelle der Strandung anzusehen; vgl. Sayce, Cuneiform. Inscript. of Van; Journ. Asiat. Soc., 1882, new ser. XIV, p. 393. Ueber den Ausdruck ‚Berg' spricht auch Diestel, Die Sintfluth, 2. Aufl., 1876, S. 13 (Samml. wiss. Vortr. v. Virchow und Holtzendorff, VI. Ser., 137.)

39 Cernik, Studien I, S. 37—48, und II, S. 1—4.

40 J. D. Michaelis, Deutsche Uebers. des Alten Testamentes mit Anmerkungen für Ungelehrte, 2. Aufl. II, Göttingen, 1775, S. 15, 16, 41, 43; auch desselben: Orient. und Exeget. Biblioth., IX. Bd. Frankfurt a. M., 1775, S. 183. Es fehlt auch nicht an Bemerkungen anderer Autoren, welche auf das mögliche Uebertreten des Meeres hinweisen, wie z. B. Delitzsch, Paradies, S. 212.

41 Aug. Knobel, Die Genesis, 2. Aufl., 1860, S. 88; Aug. Dillmann, Die Genesis, 4. Aufl., 1882, S. 133.

42 Ed. Schrader, Die Keilschriften und das Alte Testament, 2. Aufl., 1883, S. 50 bis 52. Zu den ‚grossen Bogen (?) Anu's' vergl. übrigens Haupt bei Schrader a. a. O. S. 517.

43 Aug. Dillmann, Ueber die Herkunft der urgeschichtl. Sagen der Hebräer; Sitzungsber. der k. preuss. Akad. d. Wiss., Berlin, 1882, XXI, S. 436—439.

44 Bosanquet, Synchron. History of Assyria and Judaea; Trans. Bibl. Arch. Soc. III, 1874, p. 19, und desselben: Chronol. Remarks on the History of Esther and Ahasverus, ebend. V, 1877, p. 264. Auf wie wenig zuverlässigen Voraussetzungen diese Berechnungen beruhen, ergibt sich z. B. aus den hier folgenden Angaben über die Zeit Sargon's (S. 82).

45 E. W. Tremenheere, On the lower Portion of the River Indus; Journ. geogr. Soc., 1867, XXXVII, p. 68—91.

46 Cunningham, The ancient Geography of India, I: The Buddhist. Period, 8°, 1871, p. 251, 280.

47 Cunningham, Anc. Geogr. I, p. 299—301; nach Vyse, Geol. Notes on the River Indus, Journ. Roy. Asiat. Soc., new ser. X, 1878, p. 323, wäre der Narra nicht als ein altes Bett des Indus anzusehen.

48 A. F. Bellasis, An Account of the Ancient and Ruined City of Brahminabad in Sind; Journ. Bombay Branch of the Roy. Asiat. Soc., 1857, V, p. 413—425 und 467—477.

49 A. B. Wynne, Mem. on the Geol. of Kutch; Mem. Geol. Surv. of India, 1872, IX, p. 15. Es ist im Folgenden um so nothwendiger, sich auf zuverlässige neue Beobachtungen des Thatbestandes zu stützen, als eine oft citirte Autorität, General le Grand-Jacob, in Bezug auf wichtige Punkte die Aussagen der Eingebornen für unsicher erklärt; Trans. Bombay Geogr. Soc., 1866, XVI, p. 65.

50 Cunningham, Anc. Geogr. I, p. 304.

51 Bartle Frère, Notes on the Runn of Cutch and neighbour. Region; Journ. geogr. Soc., 1870, XL, p. 187.

52 Al. Burnes, A Memoir on the eastern Branch of the Indus, and the Run of Cutch, containing an Account of the Alterations produced on them by an Earthquake in 1819, also a Descript. of the Run; in: Travels into Bokhara, 1834, III, p. 310; vergl. auch Baird Smith, Memoir on Indian Earthquakes II; Journ. Asiat. Soc. Bengal, 1843, XII, 6, p. 1027*—1033*; B. Smith vermuthet in der Nähe einen Vulcan, dies ist ein Irrthum.

53 Burnes, Memoir, p. 324, auch Bartle Frère, Notes, p. 192.

54 Wynne, Memoir, p. 43, auch Blanford, Mem. geol. Surv. Ind. VI, p. 31, und Journ. Asiat. Soc. Bengal, 1876, XLV, pt. II, p. 95, und Medlicott and Blanford, A Manual of the Geol. of India, 8°, 1879, I, p. 421, Note. Es hat mir nicht nöthig geschienen, hier von einer angeblichen neuerlichen Senkung im Jahre 1845 zu sprechen, da sie von dem Berichterstatter selbst nicht als sichergestellt angesehen wird; vergl. Quart. Journ. geol. Soc., 1846, II, p. 103.

55 Carless, Memoir to accompany the Survey of the Delta of the Indus, in 1837; Journ. geogr. Soc., 1838, VIII, p. 328—366, insb. p. 364.

56 Ch. Lyell, Princ. Geol., 11th ed., p. 98—104.

57 Entstehung der Alpen, 8°, 1875, p. 152.

58 J. Fergusson, On Recent Changes in the Delta of the Ganges; Quart. Journ. geol. Soc., 1863, XIX, p. 321—354.

59 Medlicott and Blanford, A Manual of the Geology of India, insb. vol. I, p. 391 u. folg.

60 Ebend. p. 409. Allerdings wird daneben von den Verfassern die Möglichkeit einer leichten Erhebung nördlich von Dacca nicht ausgeschlossen.

61 H. Beveridge, Were the Sundarbans inhabited in ancient times? Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1876, XLVa, p. 71—76.

62 J. Fergusson, On Hiouen-Thsang's Journey from Patna to Ballabhi; Journ. Roy. Asiat. Soc., new. ser. VI, 1873, p. 256; für den heutigen Zustand von Sunárgáon vergl. J. Wise, Notes on Sunárgáon, Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1874, I a, p. 82—96 und Karte.

63 Al. Mack. Cameron, The Identity of Ophir and Taprobane, and their Site indicated; Trans. Soc. Bibl. Arch., 1873, II, p. 267—288.

64 An Account of an Earthquake at Chattigoan, transl. from the Persian by M. Edw. Gulston etc. und mehrere weitere Berichte in Philosoph. Transact. for 1763, vol. LIII, p. 251—269.

65 Godwin Austen, Notes from Assaloo, N. Cachar, on the Great Earthquake of Jan. 10th 1869; Proc. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1869, p. 91—103; Oldham, Note, ebend. p. 113—115, und desselben: Notice of some of the secondary effects of the Earthquake of 10th Jan. 1869 in Cachar; with remarks by Rob. Mallet, Quart. Journ. geol. Soc., 1872, XXVIII, p. 255—270, und insb. Oldham, The Cachar Earthquake etc., Mem. geol. Surv. India, 1882, XIX, p. 1—98 mit Karte und Taf.

66 Col. Keatinge, Record of the Occurrence of Earthquakes in Assam; Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1877—1881 a. mehr. Ort.

67 R. Baird Smith, Mem. on Ind. Earthquakes II; Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, XII, 1843, p. 1040*.

68 H. F. Blanford, Catal. of Cyclones in the Bay of Bengal; Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1877, XLVIb, p. 328—338.

69 H. Piddington, Eighth Memoir on the Law of Storms in India; Journ. Roy. Asiat. Soc. Bengal, 1843, XIIa, p. 339—399; zwei Karten.

70 H. Piddington, ebend., p. 379.

71 J. Elliott, Report of the Vizagapatam and Baekergunge Cyclones of October 1876, 4°, Calcutta, 1877; vergl. auch Hann, Oesterr. Zeitschr. für Meteorol., XII, 1877, S. 81—87.

72 Jul. Schmidt, Studien über Erdbeben, 2. Ausg., 1879, S. 23—34.

73 M. St. de Rossi, Meteorologia Endogena, 8°, 1882, II, p. 383—393; auch Grablowitz, Sulle Relaz. fra le Altezze barom. ed i moti microsism; Boll. Vulc. ital. VIII, 1881, p. 33; Fagioli und Rossi ebendas. p. 105, 106.

74 G. H. Darwin, On the Mechan. Effects of Barometr. Pressure on the Earth's Surface; Philos. Magaz., 1882, 5d ser., XIV, p. 409—416.

75 P. Lehmann, in Eb. Schrader, Keilinschriften und Geschichtsforschung, 8°, 1878, S. 338 u. folg.; Oppolzer, Monatsber. k. Akad. Wiss. Berlin, 1880, S. 184.

76 Eb. Schrader, Keilinschriften und Altes Testament, 2. Aufl., S. 485. Hier mag auch erinnert werden an Justin. XVIII, 3: *Tyriorum gens condita a Phoenicibus fuit, qui, terrae motu vexati, relicto patriae solo, Assyrium stagnum primum, mox mari proximum litus incoluerunt, condita ibi urbe, quam a piscium ubertate Sidona appellaverunt.*

77 Bosanquet, On the date of the fall of Niniveh; Trans. Bibl. Arch. Soc., 1873, II, p. 155. Während des Druckes erfahre ich durch Dr. Haupt, dass das Wort sîhu nach den neuesten Untersuchungen nur politischen Aufstand, nicht Erdbeben bedeutet; hienach ändert sich die Angabe Bosanquet's.

78 J. Schmidt, Studien über Erdbeben, 2. Aufl., 8°, 1879, S. 144 u. folg.

79 H. Abich, Geologische Forschungen in den kaukas. Ländern, II, 1882, S. 390 bis 449.

80 As-Soyûti's Work on Earthquakes, Transl. from the Arabic by A. Sprenger; Journ. Asiat. Soc. Bengal, 1843, XII b, p. 746—747.

81 v. Hoff, Geschichte natürlicher Veränderungen, IV, 1840, S. 217.

82 Der Korân führt strafweise Verheerung durch Sturmwind an, z. B. LXIX, 6, 7: ‚. . . *und jene von Âd kamen um durch den heftigen kalten Windsturm, welchen Er gegen sie lenkte durch sieben Tage und acht Nächte ununterbrochen. Du mochtest sehen das Volk niedergestürzt, als wären es niedergeworfene Palmstämme, und kannst Du irgend Ueberlebende schauen?*' Ebenso LI, 41, 42; LIV, 19, 20.

83 Lenormant, Orig. I, Append. tab. II.

84 M. V. Portman, On the Andaman Islands and the Andamese; Journ. Roy. Asiat. Soc., new ser. XIII, 1881, p. 475, 476.

85 Al. Perrey, Note sur les tremblem. de terre en 1862, p. 156.

86 Edm. Naumann, Ueber Erdbeben und Vulcanausbrüche in Japan; Mittheil. der deutsch. Gesellsch. für Natur- und Völkerkunde Ost-Asiens, 15. Heft; 4°, Yokohama, 1878, S. 17.

87 Philostratus, Leben des Apollonius v. Tyana IV, 34.

88 Es ist sonderbar, dass dieses Moment, welches der Bibel und allen anderen vorchristlichen Berichten mit Ausnahme des Izdubar-Epos fremd ist, in dem sonst so unvollständigen Berichte des Korân wiederkehrt; XI, 40. 41: ‚*So machte er die Arche, und so oft die Aeltesten seines Volkes an ihm vorüberkamen, spotteten sie seiner. Sprach er: Wenn ihr unser spottet, wahrhaftig, werden wir euer spotten, so wie ihr jetzt spottet, und ihr sollet es sicherlich wissen.*'

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

89 H. W. Dove, Ueber das Gesetz der Stürme; Poggendorff's Annal. d. Phys. und Chem., 2. Reihe, XXII, 1841, S. 41.

90 De Orbe Novo Petri Martyris ab Angleria Mediol. Proton. Decades; Compl. ap. Mich. d'Egnia, anno MDXXX, Cap. IX, fol. XX.

91 Th. Waitz, Anthropologie der Naturvölker, 1862, III, S. 187. Es sind mit dem Aufwande grosser Belesenheit sogar Versuche unternommen worden, den Ursprung aller Sintfluthsagen nach Amerika zu verlegen; Noah sollte auf Cuba gerettet sein u. s. w.; so z. B. Paläorama, aus dem Nachlasse eines amerikanischen Naturforschers, 8°, Erlangen, 1868, S. 192 u. a. a. O.

92 A. Réville, Les Réligions des Peuples non-civilisés, 8°, 1883, t. II, a. m. O.

93 T. G. Pinches, Some recent Discoveries etc., Proc. Soc. Bibl. Arch. 7. Nov. 1882, p. 6—12; Friedr. Delitzsch in Mürdter, Kurzgef. Gesch., S. 273 u. folg.; vergl. u. And. auch Taylor in J. Oppert, Expéd. scientif. Mesopot. I, p. 273.

94 Dies sagt sehr gut Lenormant, Orig. I, 2. Aufl., p. 408.

95 Die ed. Tischendorf gibt folgende Anmerkung zu VIII, 21: *et aït ad eum (Mirum si hic transtulisset Hier. voces Hebraicas el-libbo, q. e. ad cor suum, in animo suo; Sept.* διανοηθείς. *Quare vel invitis Codd. Latinis Sixtini expunxerunt has voculas, nullo sententiae detrimento. Bellarminus earum loco malebat: ad se — animam viventem, animantem.* Dillmann, Genes. S. 141, meint, der Schriftsteller wolle die Gedanken Gottes dolmetschen.

96 Ed. Naville, La Destruction des Hommes par les Dieux; d'après une Inscript. Mytholog. du Tombeau de Séti I à Thèbes; Trans. Bibl. Arch. Soc., 1876, IV, p. 1—19, und insbesondere H. Brugsch, Die neue Weltordnung nach Vernichtung des sündigen Menschengeschlechtes, 8°, Berlin, 1881, 41 St. und Taf.

97 Vigouroux, vgl. Lenormant, Orig. I, p. 454.

98 Herodotus, Urania, 129.

99 Jul. Schmidt, Studien über Erdbeben, 2. Aufl., 1879, S. 138—165.

100 A. Mommsen, Heortologie; Antiquarische Untersuchungen über die städtischen Feste der Athener, 8°, 1864, S. 365.

101 Ich gebe die Uebersetzung von Theod. Fischer; Lucian's Werke, 8°, 1867, III, S. 229, 230.

102 Ueber den Namen Sisythes, Δευκαλίωνα τόν Σισυθεα, nicht Σκυθεα, Buttmann, Mythologus, 8°, 1828, S. 192.

103 δευ-καλίων Lenormant, Orig. II, 157, Note.

104 E. G. Rey, Rapp. sur une Mission scientif. dans le Nord de la Syrie; Arch. d. Miss. scientif., 2e sér., III, 1867, p. 351, pl. X.

105 James Legge, The Chinese Classics, vol. III, pt. I, 8°, Hongkong, 1865, und in Max Müller, The Sacred Books of the East, vol. III, 8°, Oxford, 1879.

106 Legge, Sacr. Books, III, p. 34; nach Chin. Class., vol. III, pt. I, p. 25, Note, liest der Commentator Wu Ching anstatt „das niedere Volk", — „das Volk, welches in den Niederungen wohnt", doch tritt Legge dieser Meinung nicht bei.

107 F. v. Richthofen, China I, 1877, S. 277—364; Taf. IV, V; insb. S. 335, Anm.

108 Legge, Sacr. Books III, p. 18.

109 Die Darstellung des Zustandes der Dinge bei Mencius III, 1, IV, 7 (Legge, Chin. Class. II, p. 126, 127) sagt allerdings: In der Zeit des Yâo, als die Welt noch nicht ganz geordnet war, verursachten die Flüsse, aus ihren Betten fliessend, eine allgemeine Ueberschwemmung u. s. w. Dies scheint mir aber nicht ganz mit den weit zuverlässigeren Angaben des Yü-kung übereinzustimmen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Einzelne Schüttergebiete.

Verschiedene Richtungen der Untersuchung. — Die nordöstlichen Alpen. — Das südliche Italien. — Das Festland von Central-Amerika. — Vermeintliche rhapsodische Erhebungen von Chile. — Aufprellen von Gegenständen. — Bewegung von submarinem Sediment. — Valparaiso, 1822. — Concepcion, 1835. — Valdivia, 1837. — Hebung des Landes nicht erwiesen.

Es gibt wohl nur wenig Naturerscheinungen, über welche eine so grosse Anzahl von verschiedenartigen Ueberlieferungen und von Druckschriften bestehen würde, als über die Erdbeben. Die Berichte reichen, wie der vorhergehende Abschnitt zeigt, bis in die älteste Zeit zurück, und auch jetzt liefert jedes Jahr Bereicherungen. Leider gehen aber diese oft sehr verdienstlichen Arbeiten nach den verschiedensten Richtungen auseinander.

Die grösste Zahl, namentlich der älteren Schriften, malt die Vorahnungen der Thiere und den Schrecken der Menschen, zählt den Verlust an Leben und Geldwerth auf und bietet grelle Farben, aber wenig deutliche Umrisse.

Andere Arbeiten, wahre Muster ausdauernden Fleisses, suchen nach einer Periodicität der Erscheinungen, aber zwei Umstände verurtheilen jede noch so ernst gemeinte Bemühung dieser Art, sobald es sich um die Umfassung langer Zeiträume und zahlreicher Erschütterungen handelt, von vorneherein zur Unfruchtbarkeit. Der erste liegt in der alle für ähnliche Arbeiten zulässigen Grenzen weit übersteigenden Ungleichartigkeit der Ueberlieferung. Diese befindet sich in augenscheinlicher Abhängigkeit von dem jeweiligen Culturzustande der Menschheit und der fortschreitenden

Erschliessung entfernter Landstriche. Mallet hat im Jahre 1858 in einer kleinen Tabelle gezeigt, in wie ausserordentlichem Maasse die Zahl der bekannt gewordenen Erdbeben gegen die neuere Zeit sich vermehrt, und dies mit Recht der grösseren Vollständigkeit der Berichterstattung zugeschrieben; aus demselben Grunde fällt für Europa das Maximum der Zahl der Erschütterungen in das 19. Jahrhundert.[1] Erst in den letzten Jahren ist uns durch Edm. Naumann's[2] und J. Milne's[3] Arbeiten Gelegenheit geboten worden, die älteren Aufzeichnungen über Erderschütterungen in Japan kennen zu lernen. Die zahlreichen Angaben aus dem 7., 8. und insbesondere aus dem 9. Jahrhunderte unserer Zeitrechnung entsprechen dem hohen Bildungsgrade, welchen Japan bereits um jene Zeit erreicht hatte, aber auch hier schreibt Naumann die Spärlichkeit der Berichte aus dem 12. und 16. Jahrhunderte den politischen Umwälzungen und den kriegerischen Unternehmungen der damaligen Zeitläufte zu. Und für wie geringe Theile der Erdoberfläche besitzen wir überhaupt irgendwelche ältere Berichte! Indem wir in tausenden von Daten Spuren einer Periodicität suchen, finden wir in denselben nur die Beweise unserer Unwissenheit.

Der zweite Umstand liegt in der Unmöglichkeit einer festen Regel für die Auswahl der zu verzeichnenden Einzelstösse aus irgend einer längeren seismischen Phase. Die Fälle, in welchen die seismische Bewegung sich in einem einzigen heftigen Schlage für lange Zeit erschöpft, wie dies bei dem letzten Erdbeben von Casa micciola auf Ischia vorgekommen ist, gehören zu den seltenen Ausnahmen. Weit häufiger erscheint eine ganze Reihe von Erderschütterungen, mit oder ohne Begleitung von unterirdischem Getöse, von wechselnder Intensität, ja öfters sogar auf einer bestimmten Linie das Maximum der Intensität von Ort zu Ort verschiebend, und der gewissenhafte Beobachter bleibt im Zweifel, welche von den zahlreichen stärkeren oder schwächeren Bewegungen des Bodens er in seine Tabelle aufzunehmen hat, um den etwaigen Zusammenhang der irdischen Erschütterungen und der jeweiligen Stellung des Mondes und der Sonne zu prüfen.

Eine weitere Reihe von Bestrebungen ist dahin gerichtet worden, unter Anwendung geometrischer Grundsätze aus der

Zeitfolge und der Richtung der Bewegungen der Erdoberfläche die genaue Tiefe und Lage des Ausgangspunktes derselben zu ermitteln. Abgesehen jedoch von dem Gegensatze, welcher zwischen der grossen Schärfe der angewandten Methode und der geringen Schärfe der Beobachtungen besteht, auf welche in den meisten Fällen die Berechnung gestützt werden muss, ist hier die Voraussetzung gemacht, dass dieser Ausgangspunkt ein räumlich ziemlich beschränkter Ort der Tiefe sei. Diese Voraussetzung ist aber nicht erwiesen. Es ist im Gegentheile viel wahrscheinlicher, dass in der Tiefe Ablösungen oder plötzliche Ortsveränderungen fast gleichzeitig auf grösseren Flächen stattfinden. Auch mehren sich thatsächlich die Angaben, welche auf eine ausgedehnte Gleichzeitigkeit des Stosses hindeuten. So hält es Whitney für erwiesen, dass bei dem grossen und höchst lehrreichen Erdbeben von Owen's Valley an der Ostseite der californischen Sierra Nevada am 26. März 1872 der Hauptschlag in der Richtung des Streichens der Sierra gleichzeitig auf der ganzen Strecke vom 34. bis zum 38. Breitegrade eingetreten ist, während die seitlich abgehende Undulation die Mitte des San Joaquinthales in 2—3 Minuten, jene des Sacramentothales in 3—4 Minuten und die Küste zwischen San Francisco und Los Angeles in 4—5 Minuten erreichte.[4]

Auch als am 2. März 1878 das ganze obere Penjâb sammt den angrenzenden Gebieten, von Banun, Kohát, Pesháwar und Ráwalpindi bis Lahore und Ferozpur, und bis über Simla hinaus erschüttert wurde, vermochte Wynne wesentliche Verschiedenheiten der Zeit des Stosses nicht aufzufinden, obwohl die äussersten Beobachtungspunkte in der Luftlinie 732 Kilom. von einander entfernt sind und der Bau des Untergrundes auf diesem weiten Gebiete ein sehr verschiedenartiger ist.[5]

Ebenso hat Heim für mehrere alpine Beben die gleichzeitige Aeusserung des Stosses auf grosse Entfernung hin nachgewiesen.

Das Erdbeben vom 4. Juli 1880 erstreckte sich von der Po-Ebene quer durch die Alpen bis in den Schwarzwald. Die grösste Erstreckung war beiläufig 305 Km. von Süd gegen Nord, nämlich von Vercelli bis Lenzkirch; quer darauf, von Genf-Annecy

bis Poschiavo-Chur, betrug die Ausbreitung etwa 280 Km. Hiebei werden folgende Zeiten angeführt:

Zürich	9h 20′ —	St. Bernhardin	9h 19′ 30″
Wattwyl (Toggenburg). .	9h 19′ 40″	Brieg (Wallis)	9h 19′ 40″
Einsiedeln	9h 20′ 30″	St. Leonhard bei Sitten	
Andermatt	9h 20′ 47″	(Wallis)	9h 20′ 35″
Airolo	9h 21′ 3″	Genf	9h 20′ 4″
Faido (Tessin)	9h 20′ 3″	Lugano	9h 19′ —

Heim schliesst hieraus, dass die Ursache des Erdbebens vom 4. Juli 1880 nur in der gleichzeitigen und gleichartigen ruckweisen Bewegung eines sehr ausgedehnten Stückes der Erdrinde, nicht aber in einem localen, heftigen Anstosse liegen könne.[6]

Es sind also drei Beobachter in verschiedenen Welttheilen selbständig von einander zu demselben Resultate gelangt. —

Seitdem man nun begonnen hat, diesen Erscheinungen erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden, und seitdem die Verbreitung der Volksbildung und die Mittheilungen der Presse eine extensive Beobachtung möglich gemacht haben, zeigt es sich, dass in Mittel-Europa die seismischen Bewegungen der Erde ausserordentlich viel zahlreicher sind, als je zuvor vermuthet wurde. So hat Heim seit Organisation der Beobachtungen in der Schweiz vom November 1879 bis Ende 1880, das ist durch 14 Monate, 69 Erschütterungen der Schweizer Alpen nachgewiesen. Noch weit zahlreicher sind die Erdbeben in anderen Theilen der Erde, wie namentlich in Japan, wo Milne vom 19. October bis 31. December 1881, das ist in 73 Tagen in dem Landstriche zwischen Tokio und Kamaishi 36 verschiedene Erdbeben zählte.[7] Aehnlich verhält es sich gewiss auch in anderen vulcanischen Regionen, und dabei sind nicht etwa vorübergehende Phasen erhöhter seismischer Thätigkeit ins Auge gefasst, sondern, soweit wir die Sachlage zu beurtheilen im Stande sind, ein ziemlich normaler Zustand der Dinge. Auch handelt es sich hiebei nur um solche Erschütterungen, welche ohne besondere Instrumente wahrzunehmen sind. Ist es ja doch schon so weit gekommen, dass einzelne Beobachter meinen, die scheinbare Ruhe der Erdrinde sei für manche Landstriche nur ein durch die mangelhafte Beobachtung hervorgebrachter Eindruck; der Besitz hinreichend empfindlicher Instrumente aber

erweise für diese Landestheile einen Zustand andauernder Bewegung,[8] und dass Andere gar vermeinten, durch die ganze Masse des Planeten hindurch die südamerikanischen Erdstösse in den Schwankungen der Instrumente auf der Sternwarte zu Pulkowa wiederzuerkennen.[9]

Auf diesem Gebiete kann, wie auf anderen, nur aus einer thunlichst genauen Beobachtung der Erscheinung selbst die Förderung der Erkenntniss erwartet werden. Beben von mittlerer Stärke, bei welchen der Schrecken und die Verheerung nur mässig oder nur örtlich beschränkt sind, mögen ebenso werthvolle Ergebnisse liefern, als die schrecklichsten Katastrophen. Es muss eine hinreichende Anzahl verständiger Beobachter über das Land vertheilt und die Structur desselben muss in ihren Grundzügen bekannt sein. Da ferner die Verschiedenartigkeit der Bewegungen keine geringe und die Zahl der Fehlerquellen gross ist, wird es nöthig, eine möglichst grosse Anzahl von Beben auf einem umgrenzten Gebiete zu vergleichen. Es handelt sich also um vorbedachte und gegliederte Arbeit.

Zum Glücke ist solche Arbeit seit einigen Jahren da und dort in Angriff genommen worden. Die Schweizer Erdbeben-Commission verspricht nach den bisher veröffentlichten Heften einen wesentlichen Beitrag zu liefern. In den östlichen Alpen, in Italien und in Japan ist reger Antheil an solchen Untersuchungen erwacht, und es ist mit Bestimmtheit zu erwarten, dass binnen wenigen Jahren mit weit grösserer Sicherheit jene Fragen über den Zusammenhang des Baues der Erdrinde und ihrer Bewegungen werden besprochen werden, als ich es in den folgenden Abschnitten zu thun versuchen mag.

Schon aber stellen sich einzelne Erfahrungen deutlich genug heraus. Es sind vier Beispiele von Schüttergebieten gewählt, deren Natur eine verschiedene ist.

Das erste Beispiel sind die nordöstlichen Alpen; kein Vulcan ist vorhanden; nur die eigenthümliche Uebereinstimmung der Beobachtungen gestattet, hier nach wenigen Jahren der Arbeit schon eine Meinung auszusprechen.

Das zweite Beispiel ist das südliche Italien. Vulcane sind vorhanden, doch auf diesem engeren Gebiete nicht zu Linien

vereinigt; ihr Zusammenhang mit den Erschütterungen lässt sich jedoch erkennen.

Das dritte Beispiel ist das Festland von Central-Amerika. Erdbeben sind häufig, doch wenig gekannt. Die eigenthümliche Anordnung der Vulcane zeigt aber schon ohne Kenntniss von den Bewegungen die Lage der grossen Störungslinien an.

Das vierte Beispiel betrifft gewisse Vorkommnisse an der südamerikanischen Westküste. In diesem Falle soll eine besondere Frage, nämlich die von hervorragenden Autoritäten behauptete rhapsodische Erhebung des Landes bei Erdbeben, geprüft werden.

A. Die nordöstlichen Alpen.

Ein fast ununterbrochener steiler Abfall läuft, den Westrand des bayrischen Waldes bildend, gegen Passau herab, übersetzt dort die Donau gegen Süd, tritt unter Linz wieder auf die Nordseite zurück, greift zwischen Grein und Krems wieder, und zwar fast bis St. Pölten herüber und verläuft dann in nordöstlicher Richtung über Maissau und Znaim gegen Brünn. Dies ist der scharf gezeichnete Rand der böhmischen Masse. Oberhalb desselben liegen die waldigen und feuchten Hochflächen des nördlichen Theiles von Oberösterreich und des niederösterreichischen Waldviertels, der Manhart und das nordwestliche Mähren; sie bilden den äusseren Theil des Plateau's, welches sich weit durch das südliche Böhmen fortsetzt. Granit, Gneiss und alte Schiefer bilden fast ausnahmslos diese hochliegenden Gebiete.

Unterhalb des Randes liegt die Ebene, welche die böhmische Masse von den Alpen scheidet; die Donau gehört ihr an, so weit der Strom es nicht vorgezogen hat, streckenweise sein Thal in die südlich vorspringenden Felsmassen des alten Plateau's einzugraben. Diese Ebene ist in Bayern breit, verengt zwischen Ybbs und St. Pölten, dann abermals erweitert bis weit gegen Nordost.

Nördlich von Brünn treten devonische Gesteine von den Sudeten her an den Aussenrand; zwischen Leipnik und Weisskirchen berühren sich die äusseren Zonen der Karpathen und die devonischen Gesteine der Sudeten.

Der äussere Saum der Alpen und der Karpathen bildet, abgesehen von der Unterbrechung bei Salzburg und einer langen Unterbrechung zwischen dem Bisamberge bei Wien und dem Marsgebirge in Mähren, auf welcher Strecke nur da und dort ein Rest der Aussenzone sichtbar wird, — eine sehr stetige Curve. Diese verläuft von Laufen über Steyer, kreuzt die Donau westlich von Klosterneuburg und setzt sich östlich von Nikolsburg gegen Kremsier fort bis zu dem erwähnten Berührungspunkte mit dem Devon

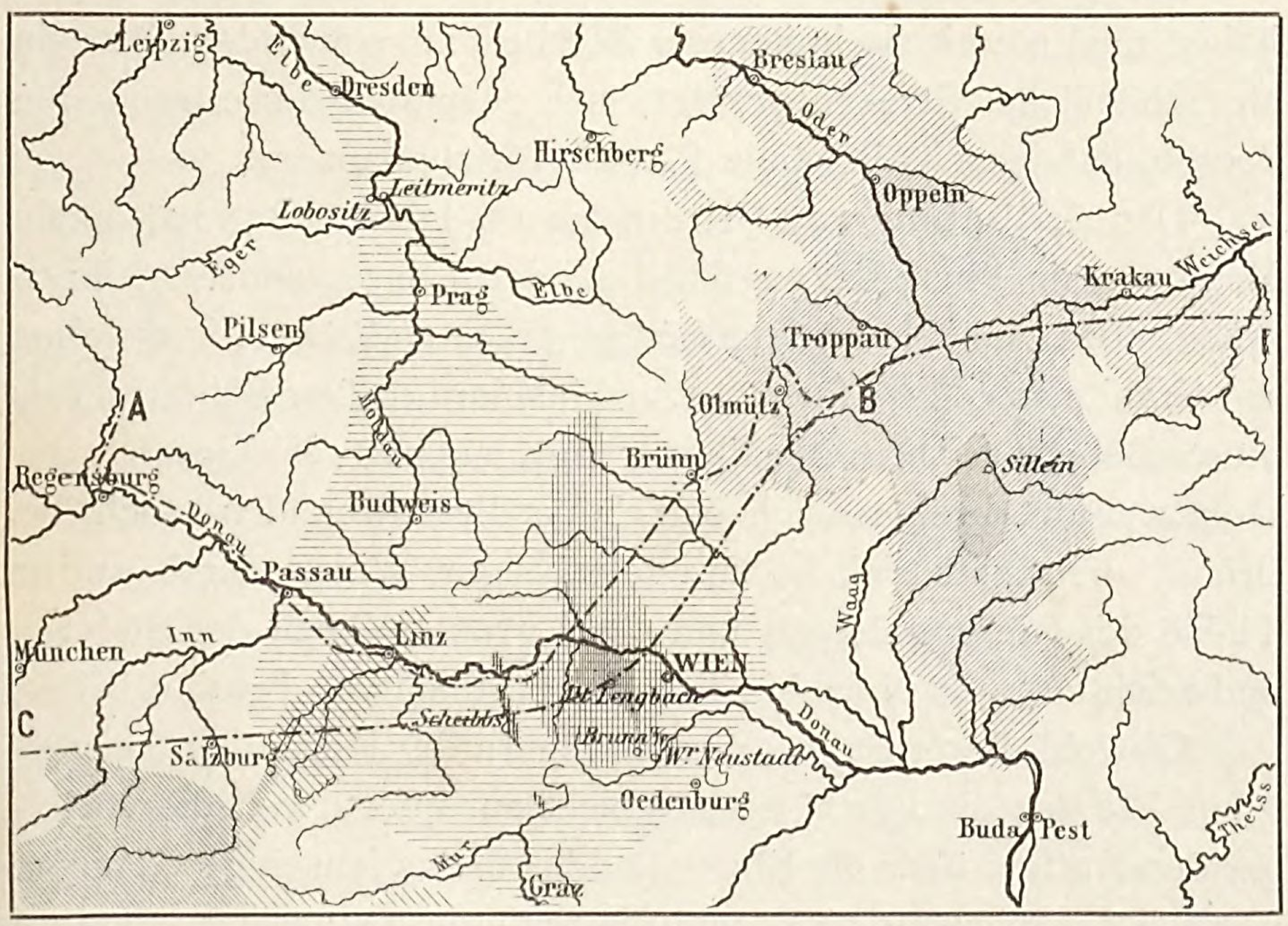


Fig. 3. Neuere Erdbeben in den nordöstlichen Alpen und den westlichen Karpathen.
A, *B*. Südrand der böhmischen Masse und des südlichen Theiles der Sudeten;
B. Berührungspunkt bei Weisskirchen;
C, *B*, *D*. Nordrand der Alpen und der Karpathen.

bei Leipnik und Weisskirchen. Dann weicht der Bogen über Neutitschein und Kenty bis gegen Wieliczka zurück. Dort stehen ihm die Höhen von Krakau gegenüber.

Wo dieser Saum nicht durch spätere Einsenkung unterbrochen ist, bildet er in der Landschaft einen ebenso hervorragenden Zug wie der Rand des Plateau's. Der Abfall ist nicht so steil wie jener des alten Gebirges, auch häufiger von Querthälern durchschnitten; er ist noch dichter bewaldet, und innerhalb desselben erhebt sich

in stufenweise erhöhten Zügen das Gebirge zu weit bedeutenderen Höhen und in unvergleichlich viel mannigfaltigeren Umrissen, als sie das geschlossene böhmische Plateau bietet.

Der Gegensatz in dem Baue und der Gesteinsfolge in diesen beiden Gebirgssystemen ist ein ausserordentlich scharfer, und die schmale Ebene, welche die beiden Ränder trennt, verhüllt uns ohne Zweifel eines der merkwürdigsten Störungsgebiete unseres Welttheils.

Die grösseren Erdbeben des äusseren Saumes der Alpen haben nun, soweit sie in neuerer Zeit bekannt geworden sind, ein eigenthümliches Streben gezeigt, sich quer über diese trennende Zone in das jenseits liegende Plateau fortzupflanzen.

Das Erdbeben von Sillein am 15. Januar 1858 hatte sein Maximum im oberen Waagthale in einem unregelmässig elliptischen, etwa von Nord gegen Süd gestreckten Raume, in welchen die Granitmasse des Minčowberges hineinragt. Der Schütterkreis dieses Bebens reichte, allmälig verengt, südwärts bis Gran an der Donau. Er verbreitete sich östlich bis Tarnow und westlich bis Brünn, erstreckte sich in unregelmässiger Weise durch einige Theile des Riesengebirges und einen grossen Theil der Sudeten und reichte gegen Nord bis Trebnitz nördlich von Breslau.[10]

Obwohl dieser Stoss aus dem Innern der Karpathen hervorging, hat sich die Erschütterung nicht nur quer durch die vorliegenden Ketten, über die Ebene und bis in das jenseitige Gebirge, nämlich das Riesengebirge und die Sudeten fortgesetzt, sondern es liegt sogar ein sehr beträchtlicher Theil des Schüttergebietes ausserhalb der Karpathen. Die grössere Axe desselben steht quer auf das Streichen des Gebirges.

Das Erdbeben von Neulengbach in Niederösterreich am 3. Januar 1873 äusserte sich am heftigsten in der Nähe des Aussenrandes der Alpen. Das Maximum befand sich in der Nähe des Hummelhofes bei Neulengbach, ganz knapp an dem äusseren Rande der Flyschzone. Die Grenze der verticalen Bewegungen und der ansehnlicheren Erschütterung umfasst ein Gebiet, welches die Gestalt eines Kreuzes hat. Die beiden kürzeren Arme liegen zwischen Königstetten und Pyhra in der Nähe des Randes der Flyschzone; senkrecht darauf reicht ein längerer Ast bis Hornstein

in die Alpen, also gegen Südost, während ein noch viel längerer Ast gegen Nordwest sich erstreckt, bei Preuwitz über die Donau setzt und durch das Kampthal aufwärts im Granitgebiete bis Wildberg bei Messern sich erstreckt. Die Grenze des Schüttergebietes überhaupt reicht gegen die Alpen nicht wesentlich über Hornstein hinaus, während er gegen Nordwest viel weiter, bis Meseritsch und Trebitsch in Mähren hinaus sich erstreckt.

Auch hier liegt die Axe des Schüttergebietes senkrecht auf dem Streichen des Gebirges, aber das erschütterte Gebiet liegt zum grösseren Theile ausserhalb der Alpen und erstreckt sich als lange Zunge in das Granitgebirge. Es ist das Bild einer Erschütterung, welche, vom Rande der Alpen ausgehend, in die entgegenstehende böhmische Masse hinein sich fortpflanzt.

Am 12. Juni 1874 wiederholte sich die Erscheinung an derselben Stelle, doch mit geringerer Intensität; diesmal reichte der Stoss gegen Nordwest bis Raabs und gegen Südost bis Klausen-Leopoldsdorf, drang also im Granit jenseits der Ebene abermals viel weiter vor als in die Alpen hinein, in welchen er nicht einmal die Flyschzone überschritt.

Es zeigt sich aber, dass dieselbe Stelle und dieselbe Fortpflanzungslinie auch in früherer Zeit zu wiederholten Malen heftig erschüttert worden sind, wobei das Maximum des Stosses bald knapp an den Aussenrand der Alpen bei Lengbach, bald innerhalb der Alpen, bei Brunn unweit von Wr.-Neustadt, an der Kreuzungsstelle dieser Erdbebenlinie und jener Thermenlinie lag, welche die Senkung der Alpen bei Neustadt bis in die Nähe von Wien begrenzt. Ueber dieses Senkungsfeld, welches mit Tertiärbildungen und flach aus den Alpen hervorgeschobenen Schuttkegeln bedeckt ist, gegen Süd hinaus hat man diese seismische Linie jedoch niemals verfolgt. Es sind vielmehr die auf dieser Linie eingetretenen Erderschütterungen stets gegen Nordwest in die böhmische Masse hinaus in Entfernungen fortgepflanzt worden, welche bei heftigen Stössen grösser, bei schwachen geringer waren, aber öfters über Prag hinausreichten, während in die Alpen hinein die Erstreckung stets eine viel geringere war und häufig mit localen, zuweilen für die Ortschaften verheerenden Zerrüttungen der jungen Ausfüllung des Senkungsfeldes bei Neustadt endeten.

Das Erdbeben vom 29. Juni 1590 auf dieser Linie reichte bis Iglau; jenes überaus heftige vom 15. September 1590, das heftigste, welches seit dem Bestehen ähnlicher Nachrichten von diesem Theile der Alpen ausgegangen ist, hatte auch sein Maximum in der Nähe von Neulengbach, reichte über Iglau mit grosser Stärke bis Prag und war noch in Leitmeritz sehr bemerkbar. Am 27. Februar 1768 erfolgte der Hauptstoss bei Brunn an der Thermenlinie und wurde Neustadt beschädigt; der Stoss lief auf derselben Linie gegen Nordwest und reichte über Iglau hinaus.

Diese Beispiele mögen genügen, um die Wichtigkeit und die Beständigkeit der Linie und den Grad der Beständigkeit in dem Wesen der Erschütterungen zu ermessen. Diese Linie wurde die Kamplinie genannt. [11]

Als ausserhalb der Kamplinie, an dem Südrande des Senkungsfeldes von Neustadt, in Mürzzuschlag und am Semmering am 14. März 1837 ein heftiger Schlag erfolgte, blieb der Charakter des Schüttergebietes derselbe. Man konnte die Bewegung südwärts nur bis Bruck a. d. Mur verfolgen, während sie nordwärts über Prag bis Alt-Bunzlau beobachtet wurde. [12]

Weiter im Westen trat am 17. Juli 1876 ein ziemlich heftiges Erdbeben in der Umgebung von Scheibbs in Niederösterreich auf; das Maximum lag wie in Lengbach knapp an dem äusseren Rande der Alpen, und die Erschütterung war sehr heftig auf einem langen und schmalen Gebiete, welches von Scheibbs gegen Südsüdost bis Kindberg in Steiermark und gegen Nordnordwest über Scheibbs hinaus, bis Persenbeug am Rande der böhmischen Masse reichte. Das gesammte Schüttergebiet zeigte aber eine birnförmige oder flaschenförmige Gestalt, indem es in die Alpen nur bis Graz, gegen Ost bis Pressburg, gegen West bis Mondsee und Passau, gegen Nord aber mit allmälig sich verengendem Umrisse bis Dresden sich erstreckte. Noch in Lobositz an der Elbe läuteten die Glocken. [13]

Auch dieses Erdbeben erfolgte also quer auf das Streichen der Alpen und es reichte durch die ganze Breite der böhmischen Masse bis nach Sachsen.

In allen diesen Fällen, das ist bei allen Erdbeben, deren Ausgangspunkt in diesem Theile des Alpensystems lag und deren

Schüttergebiet genauer bekannt ist, mit Ausnahme einiger sehr untergeordneten und örtlich beschränkten Beben, ist die Erschütterung quer auf das Streichen des Gebirges erfolgt. Stets schien dieselbe vornehmlich einer mehr oder minder scharf begrenzten Linie zu folgen; es sind zu wiederholten Malen und mit verschiedener Intensität Beben auf derselben Linie aufgetreten, und der Stoss hat sich jedesmal weiter nordwärts in das gegenüber liegende archäische Plateau fortgesetzt, als südwärts in das gefaltete Kettengebirge, aus welchem er hervorging.

Der Grund dieser Uebereinstimmung ist heute noch nicht bekannt, aber ich halte die Ansicht für berechtigt, dass die Ursache dieser Erschütterungen eine gemeinsame sei, und dass die in diesen Erdbeben sich äussernde Kraft stets vorhanden ist und nur zeitweise zur Aeusserung gelangt.

Begibt man sich tiefer in die Alpen, so stösst man auf ausserordentlich verwickelte Verhältnisse. Auch das Erdbeben von Belluno am 29. Juni 1873 hat sich, obwohl vom südlichen Rande der Alpen ausgehend, quer durch die ganze Breite der Alpen fortgesetzt und ist sogar über Linz und Freistadt bis in das archäische Plateau eingedrungen.[14]

R. Hörnes hat versucht, am Südfusse der Ostalpen vom Gardasee bis über Fiume hin eine Zone häufiger Erdbeben, gleichsam eine peripherische Linie, festzustellen, von welcher eine Anzahl von Stosslinien quer in die Alpen reichen soll.[15] H. Hoefer ist, von einer Vergleichung der Erdbeben in Kärnten ausgehend, zu dem Entwurfe eines Netzes langer Linien gelangt, von welchen ein Theil dem Streichen des Gebirges folgt.[16] Gerade dieses Stück der Alpen besitzt aber, wie sich weiterhin zeigen wird, einen sehr verwickelten Bau, und wir müssen von weiteren Studien Aufschluss darüber erwarten, welche dieser beiden Auffassungen der Wahrheit näher steht.

Dass es sich bei den transversalen Beben um eine horizontale und ruckweise Ortsveränderung eines Gebirgstheiles gegen einen andern handelt, wird von den neueren Beobachtern übereinstimmend angenommen. Die Art der Bewegung deutet auf steile Flächen, welche senkrecht auf das Streichen des Gebirges stehen; es ist das eine Form der alpinen Dislocationen, welche an späterer

Stelle als ‚Blatt' bezeichnet werden wird. Im Süden hat Hörnes versucht, das Erdbeben von Belluno unmittelbar auf sichtbare Verschiebungsflächen dieser Art zurückzuführen.[17] Bittner hat den Parallelismus der N. 15° W. streichenden zahlreichen Blattflächen des nordöstlichsten Theiles der Alpen mit der Kamplinie betont.[18] Man wird aber darum nicht anzunehmen haben, dass solche Blattflächen sich bis in die jenseitige archäische Masse fortsetzen. Demnach wäre die weite Verlängerung der Schüttergebiete gegen Nord nur ein Phänomen der Fortpflanzung, ein Anzeichen der Richtung der Stösse, welche aus den Alpen hinaus erfolgt sind.

B. Das südliche Italien.

Wenn Jemand von den liparischen Vulcanen gegen das Festland oder gegen die sicilische Nordküste blickt, sieht er sich umgeben von steil abgebrochenen Massen uralten Gesteins. Gneiss oder Granit bilden den grössten Theil dieser Felsen, und die angelehnten Zonen von Schiefer und jüngeren Felsarten bis zum Flysch befinden sich auf der den Liparen abgewendeten Seite des Gebirges.

Gegen Nordost ist es der M. Cocuzzo, welcher dem tyrrhenischen Meere seinen steilen Abhang zuwendet; eine Scholle von transgredirendem Kalkstein krönt denselben; landwärts trennt den Cocuzzo das Längenthal des Crati von dem grossen Gebirgskerne der Sila. — Gegen Osten sieht man die aus Gneiss bestehenden Höhen des Cap Vaticano und die granitischen Klippen der Scylla, beides abgesunkene Fragmente des Aspromonte, welcher sich mit schroffem Abfalle über dieselben erhebt und gegen das östliche, jonische Meer hin mit jüngeren Gebirgszonen bekleidet ist. — Gegen Süd endlich, an der sicilischen Küste, sind die Ränder der alten peloritanischen Masse den Liparen zugewendet, deren älteste Granitmassen in dem nordöstlichen Theile der Insel zu Tage treten, während an ihrer abgewendeten Südseite, gegen den Aetna hin, sich die jüngeren Zonen des Aspromonte mit gewendetem Streichen fortsetzen.

So zeigen sich Aspromonte, vaticanische Höhen, Scylla und das peloritanische Gebirge von vorneherein als Trümmer eines einst zusammenhängenden Gebirgskernes, den heute die Strasse von Messina durchquert, und dessen hauptsächlicher Bruchrand an der Westseite des Aspromonte gegen die Liparen blickt.[19]

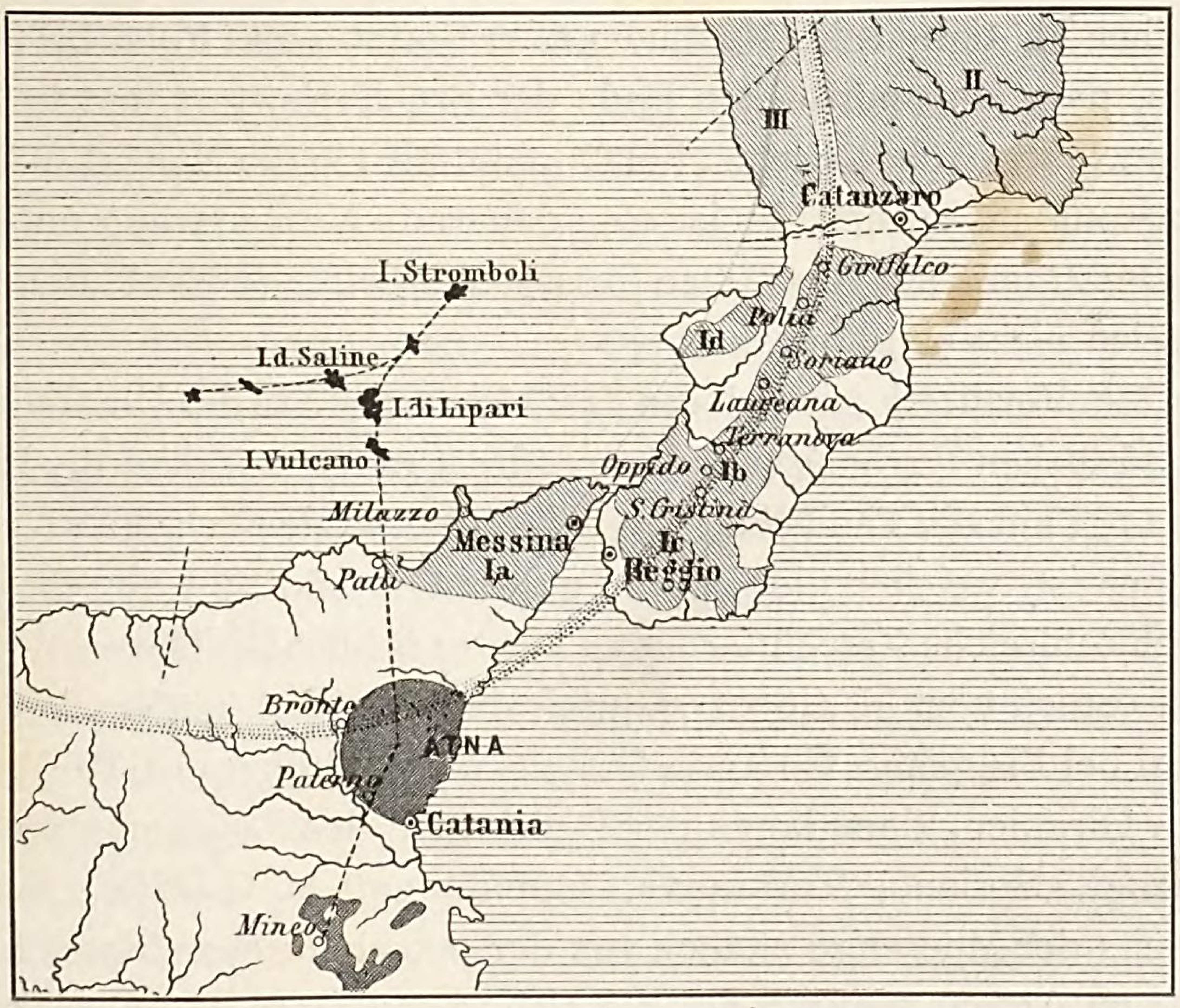


Fig. 4. Die peripherische Linie der Liparen.

Das vulcanische Gebirge ist durch dunkle, das Granit-, Gneiss- und Schiefergebirge durch lichtere Schraffirung angezeigt.

I. Die Bruchstücke der Masse des Aspromonte (I a peloritanische Berge, I b und I c Aspromonte mit dem westlich vorliegenden Fragmente der Scylla, I d vaticanisches Fragment);

II. Masse der Sila;

III. Masse des Cocuzzo (seewärts abgesunken).

Dieser Bruchrand ist nun die Strasse gewesen, auf welcher im Jahre 1783 durch einige Monate die seismische Thätigkeit unter wiederholter Verschiebung des Maximums thätig gewesen ist. Schon im Jahre 1780 scheint die Serie dieser Vorgänge mit einem Ausbruche des Aetna begonnen zu haben, welchem bei Ali und Fiume di Niso an der sicilischen Küste heftige locale Stösse folgten; dann trat ein Ausbruch auf Vulcano ein, und am 5. Februar 1783 erfolgte der erste Hauptschlag an dem Bruchrande

des Aspromonte, bei Oppido und S. Cristina, wobei sich in langer und tiefer Kluft die jüngeren Tertiärablagerungen weithin von diesem Bruchrande ablösten. Die Erschütterung breitete sich gegen Süd, West und Nord, aber nur wenig gegen Ost, das ist über den Bruchrand hin, aus. Binnen wenigen Wochen wanderte bei unverkennbarer Verschiebung des Angriffspunktes der seismischen Thätigkeit das Maximum über Soriano und Polia bis Girifalco, nahe dem nördlichen Ende der Bruchlinie, fort und kehrte dann wieder nach Radicena bei Oppido, also in die Nähe des Ausgangspunktes zurück. Es ist eine dauernde Veränderung an dem Meeresstrande mit Ausnahme grosser Abgleitungen im Hafen von Messina nicht eingetreten.

Ein Vergleich mit anderen Erschütterungen in der Umrandung des südlichen tyrrhenischen Meeres lässt erkennen, dass die Linie von 1783 nur ein Theil einer grossen Curve, so ziemlich eines Kreisbogens ist, welcher die Liparen gegen Ost und Süd umgibt und durch zahlreiche Erschütterungen ausgezeichnet ist. Dieser Bogen läuft östlich vom M. Cocuzzo durch das Cratithal, und zwar über Luzzi bei Bisignano, Cosenza, Donnici und S. Stefano bei Rogliano nach Girifalco, dann längs der Dislocation des Aspromonte über Pezzoni, Soriano, Terranova, Oppido und S. Cristina, ferner jenseits der Meerenge südlich von der peloritanischen Masse über Ali zum Aetna, von wo aus sie sich über Bronte und Nicosia zu den Madonien fortsetzen dürfte.

Ausser dieser peripherischen Linie ist in dieser selben Region eine Anzahl anderer Stosslinien bekannt, welche strahlenförmig von den Liparen ausgehen, auf welchen die Erschütterungen, so weit die Erfahrungen reichen, meistens von den Liparen gegen Aussen gerichtet sind, und welche zum Theile die peripherische Linie kreuzen und über dieselbe hinausgehen, zum Theile aber, und zwar insbesondere in der Nähe des Aspromonte, an dieser zu enden scheinen. Solche Linien laufen: gegen Nordost, von Amantea quer über die peripherische Linie und die ganze Halbinsel bis Rossano an der Ostküste, gegen Ostnordost in den Golf der S. Eufemia und über Catanzaro zur Ostküste, gegen Süd von Vulcano in den Aetna und von da gegen Südsüdwest nach Mineo, dann weit gegen Südwest über Palermo gegen Favignana.

Die Bogenlinie hat einen Radius von beiläufig 90—100 Km.; Cocuzzo, das vaticanische Cap, Scylla und das peloritanische Gebirge liegen innerhalb, Sila und Aspromonte ausserhalb derselben. Die Radiallinien convergiren gegen die Liparen. Nun hat aber Fr. Hoffmann bereits im Jahre 1832 gezeigt,[20] und Judd hat es neuerdings bekräftigt,[21] dass innerhalb der Liparen, südlich vom Stromboli, an einer Stelle, welche wir annähernd als den Mittelpunkt der peripherischen Linie betrachten könnten, eine Gruppe von kleinen Inseln und Klippen liegt, deren Bau von jenem der übrigen Inseln abweicht. Denn während auf den anderen Inseln grössere und kleinere Kratere als die Anzeichen ebenso vieler Ausbruchstellen sich erheben, besteht diese ganze Gruppe nur aus den Trümmern eines einzigen gewaltigen Kraters, welchen Hoffmann als den Centralkrater der Liparen bezeichnet.

Von dieser unregelmässig ringförmig angeordneten Gruppe, das ist von den Inseln und Klippen Panaria, Basiluzzo, Dattilo, Lisca bianca mit der submarinen Fumarole, dann Bottaro, Panarella, Formiche und Lisca nera laufen aber nach Hoffmann und Judd drei radiale Linien, welche mit den Ausbruchstellen der Liparen besetzt sind. Die erste geht gegen Westsüdwest über Salina, Filicuri und Alicuri, die zweite erst gegen Südsüdwest nach Lipari, dann gegen Südost durch Vulcano zur Solfatara auf Cap Calava, die dritte gegen Nordnordost durch den Stromboli.

Vergleicht man nun diese schon von Hoffmann auf einem Kärtchen verzeichneten vulcanischen Linien mit jenem Netze von Linien, welches lediglich aus den seismischen Angaben gewonnen wurde, so wird man die Folgerung wohl kaum zurückweisen können, dass diese radialen Vulcanlinien in irgend einer engen Beziehung zu den radialen Stosslinien stehen. Es haben aber bereits mehrere zuverlässige Beobachter eine Uebereinstimmung von gesteigerter Thätigkeit des Stromboli mit calabrischen Stössen wahrgenommen, so Athan. Kircher im Jahre 1638,[22] so auch Conte Ippolito,[23] Grimaldi[24] und die meisten Zeugen der grossen Erschütterungen von 1783. In gleicher Weise hat Ferrara an vielen einzelnen Beispielen einen Zusammenhang zwischen liparischen Ausbrüchen und Erschütterungen der sicilischen Nordküste zu erweisen gesucht.[25]

Man hat sich also wohl vorzustellen, dass in einem durch die peripherische Linie von 1783 abgegrenzten Raume die Erdrinde schüsselförmig sich einsenkt, und dass hiebei radiale Sprünge entstehen, welche gegen die Liparen convergiren. Diese convergirenden Linien sind in der Nähe dieses Centrums mit vulcanischen Ausbruchstellen besetzt. Jede Gleichgewichtsstörung der einzelnen Schollen verursacht gesteigerte vulcanische Thätigkeit auf den Inseln und Erschütterungen des Festlandes oder Siciliens.

Wird einmal dieser Vorgang der Senkung weiter vorgeschritten sein, so werden die niedrigen Gneissberge des vaticanischen Vorgebirges, die Granitberge der Scylla und ein guter Theil des peloritanischen Gebirges und der Madonien unter dem tyrrhenischen Meere begraben sein, welches dann den Bruchrand der westlichen Seite des Aspromonte nach gänzlicher Zerstörung der tertiären Vorlagen gerade so bespülen wird, wie es heute den westlichen Bruchrand des Cocuzzo bespült. Die Strasse von Messina wird erweitert sein, und von der heute noch aus den Trümmern erkennbaren Umbeugung der jüngeren Gesteinszonen des Appennin wird höchstens zwischen Ali und Taormina ein vereinzeltes Bruchstück aufragen, als das östliche Vorgebirge der wesentlich verkleinerten Trinacria, dem Geologen als ein schwer zu lösendes Räthsel.

Dass durch ähnliche Vorgänge in einer früheren Zeit die Abtrennung Sicilien's von Nord-Afrika sich vollzogen haben mag, wird sich aus einem folgenden Abschnitte ergeben. Für jetzt entnehmen wir diesen Erfahrungen, dass den Einbrüchen der Westseite des Appennin die Anlage von Radialspalten nicht fremd ist, und dass vermuthlich die grosse Anzahl von Ausbruchstellen in den Liparen ihren Grund eben in der Convergenz dieser Radialspalten und ihrer gegenseitigen Verschneidung hat. So mag auch der Untergrund der phlegräischen Felder beschaffen sein, und die Neigung zur Verlegung der Ausbruchstellen läge dann in der grösseren Beweglichkeit der keilförmigen Endstücke. Die beständigeren und höher aufbauenden Einzelvulcane liegen mehr gegen die Randkluft hin, vielleicht an den Durchschnittsstellen von radialen Sprüngen und dieser Randkluft.[26]

C. Das Festland von Central-Amerika.

Die Vulcane des mittelamerikanischen Festlandes sind von den Feuerbergen von Quito ebenso selbständig, wie von dem bogenförmig gekrümmten Zuge vulcanischer Berge in den kleinen Antillen und von der quer über den Continent von West gegen Ost verlaufenden Reihe der mexicanischen Vulcane. Sie beginnen mit dem Vulcan Chiriqui in 8° 48′ nördl. Br., verfolgen eine nordwestliche Richtung bis zur Bucht von Fonseca, und von dieser an eine etwas mehr westnordwestliche Linie bis nach Socómusco in Mexico.

Man könnte also wohl von zwei Hauptzügen sprechen, welche unter einem stumpfen Winkel in der Bucht von Fonseca sich vereinigen, aber beide Züge haben die merkwürdige Eigenschaft gemein, dass die auf ihnen sich erhebenden, zum Theile riesigen Vulcane in vielen Fällen auf deutlich erkennbaren Querspalten stehen. Bald hat sich eine selbständige, meilenlange Querlinie gebildet, wie in der Reihe von Chiquimula im östlichen Guatemala, bald zeigt nur der Bau des Gipfels die Verschiebung der Ausbruchstelle, welche quer auf die Hauptlinie vor sich geht. Dieses Bestreben, die alte Ausbruchstelle zu verlassen, ist allgemein.

Die Hauptlinie folgt, insbesondere westlich von der Bucht von Fonseca, sehr nahe der pacifischen Küste; die Querlinien, auf welchen sich die eruptive Thätigkeit verschiebt, laufen aber mehr oder minder senkrecht auf diese Küste, und beinahe in allen Fällen ist der südwestlichste, d. i. der pacifischen Küste zunächst liegende Krater allein thätig.

Die Verschiebung erfolgt also auf kürzeren oder längeren Querspalten in der Richtung gegen das pacifische Meer. Dieser Vorgang ist aber um so bemerkenswerther, als er in gar keiner erkennbaren Verbindung mit dem Baue jener Bruchstücke älteren Gebirges steht, welche in dieser Region vorhanden sind.

Der südlichsten Ausbruchstelle, dem Chiriqui, folgt gegen Nordwest der Robalo, welcher noch nicht genauer untersucht zu

sein scheint, und hier trifft die vulcanische Hauptlinie auf die aus Granit und Syenit bestehende Cordillere von Talamanca. Aufgerichtete und gefaltete Schichten von miocänem Alter begleiten gegen Nord das granitische Gebirge, und gerade auf der Linie der Vulcane erhebt sich der Pico Blanco zu 3620 M. Er wurde selbst für einen Vulcan gehalten, bis Gabb ihn bestieg und zeigte, dass sein Gipfel aus einem Gang von altem Porphyr besteht, welcher aus dem abgewitterten Granit hervorragt.[27]

Die vulcanische Linie wird aber durch das Granitgebirge nicht abgelenkt, sondern es sind demselben Vulcane wie der Monte Lyon und wohl auch der Ujum aufgesetzt;[28] dann folgen die Vulcane Irazu und Turrialba, Zurqui, Barba und Poas.

Der Gipfel des Turrialba wird von Seebach als ein von Ostnordost gegen Westsüdwest, also quer auf die vulcanische Hauptlinie verlaufender Rücken geschildert und als ein Typus jener Vulcane, welche ihre Ausbruchstelle nach einer bestimmten Richtung verlegen. Die jüngste, zugleich, wenn man den Kraterboden vergleicht, niedrigste und heute noch thätige Ausbruchstelle liegt gegen Westsüdwest.[29] Gabb gibt die Höhe mit 3461 M. an.

‚In dem Poas,' sagt Seebach, ‚habe ich den complicirtesten Vulcan gefunden, von dem ich bisher gehört. Ein Zwillingsvulcan mit linear fortschreitenden Thätigkeitsaxen.... Merkwürdig ist bei allen diesen Gesellen, dass sie, falls eine Hauptrichtung vorhanden, schief auf der Hauptrichtung der Kette stehen. Nur der Zurqui, Rincon und Orosí machen eine Ausnahme.'[30]

Die Linie der grossen Vulcane erreicht nun den pacifischen Küstensaum und folgt demselben. Es erscheinen, um nur einige der wichtigsten zu nennen, Cuipilapa (Miravalles), Rincon de la Vieja, Orosí, im See von Nicaragua Omotepec, Zapateca u. A., dann Mombacho, die oft besprochene Gruppe des Masaya und Nindiri, dann der Momotombo. In der folgenden Ebene von Leon ragt eine grössere Anzahl von Kraterbergen empor. Vom Momotombo bis zum Viejo erheben sich in gerader Linie, und zwar auf der Hauptlinie selbst, Las Pilas, Orota, Santa Clara und mehrere ungenannte Kegel.

Die Vulcane von Axusco und Telica stehen ein wenig näher gegen das Meer und scheinen einer zweiten, der Hauptlinie

parallelen, also ebenfalls gegen Nordwest gerichteten Zone anzugehören.[31]

Der letztgenannte, Telica, ist nach Seebach ein quergestreckter Rücken mit fünf Krateren, von welchen wieder der westlichste es war, der zur Zeit von Seebach's Besuch im Jahre 1864 noch schwache Dämpfe ausstiess.[32]

Am 11. und 12. April 1849 hörte man in der Stadt Leon unterirdisches Grollen. Am 13. April Morgens bildete sich eine Oeffnung an dem Fusse des längst erloschenen Vulcans Pilas. Lavastücke wurden ausgeworfen und fielen frisch gegossenem Eisen ähnlich zu Boden. Es folgte diesem unregelmässigen Auswurfe das Hervorquillen eines grossen Lavastromes durch den Rest des Tages, und um diese Zeit war der Boden fast ohne Erschütterung. Am 14. April hörte die Lava auf zu fliessen und es begann eine lange Reihe stossweiser Eruptionen und das Hervorschleudern von Steinen. Squier, welchem ich diese Angaben entlehne, besuchte die Stelle am 22. April und fand den neuen Kegel 150 bis 200 Fuss hoch.[33]

Seither hat sich im November 1867 in der Nähe dieser Stelle noch ein neuer Vulcan gebildet. Der Bericht von Dickerson über diesen Vorgang ist so lehrreich, dass ich demselben einige Einzelnheiten entnehmen will.[34]

Am 14. November 1867, gegen 1 Uhr Morgens, begann die Erscheinung mit einer Reihe von Explosionen, welche in der Stadt Leon deutlich bemerkt wurden, die etwa 8 Leguas westlich von dieser Stelle liegt. Es entstand in der Erdrinde eine Spalte von ungefähr einer halben (engl.) Meile Länge, welche beiläufig in der Mitte zwischen den beiden Vulcanen Pilas und Orota von der vulcanischen Hauptlinie gegen Südwest abging. Schon vor dem Sonnenaufgange des 14. November sah man aus dieser Spalte an verschiedenen Orten Feuer hervortreten. Die Explosionen folgten einander bald in kurzen Zwischenräumen, bald je nach einer halben Stunde, aber das dumpfe Geräusch, das unterirdische Grollen war fast ununterbrochen. Nach einigen Tagen öffneten sich zwei Kratere auf der neuen, gegen Südwest laufenden Spalte, welche etwa 1000 Fuss von einander entfernt waren; der eine, gegen Südwest gelegen, warf vulcanische Massen in verticaler Richtung aus, der

andere, gegen Nordost, schleuderte sie schräge unter einem Winkel von 45° aus. Am 22. November wurden sie von Dickerson besucht; damals hatte der Hauptkrater bereits eine Höhe von etwa 200 Fuss und seine Oeffnung etwa 60 Fuss Durchmesser. Am 27. November Nachmittags begann der Vulcan nach einer Reihe der heftigsten Explosionen schwarzen Sand in grosser Menge und schwerere Felsstücke auszuwerfen. Am nächsten Morgen war weit und breit das Land mit einer Lage feinen schwarzen Sandes bedeckt und eine weite leuchtende Wolke goss einen Regen von Sand herab. Dieser Sandregen hielt bis zum Morgen des 30. November an, dann erlosch der Vulcan, welcher durch seine Ausbrüche erschöpft zu sein schien. So bedeckte der Sand alles Land in einem Halbmesser von mehr als 80 Km. Zu Leon war die Schichte $^2/_8$ Zoll stark. Näher gegen den Vulcan hin stieg die Mächtigkeit der Schichte und die Grösse des Kornes. Auf eine englische Meile aus dem Krater stieg der Durchmesser des Kornes auf $^3/_8$ bis $^4/_8$ Zoll und die Mächtigkeit erreichte 1 Fuss. An der Basis des Kegels ist es nur ein Haufwerk von Blöcken von 4—5 Fuss Durchmesser.

Der Kegel selbst mass am Schlusse der Eruption 200 Fuss Höhe; der Durchmesser des Kraters war 200 Fuss und seine Tiefe ebenfalls 200 Fuss. Ein langes Band von Schlacken erstreckt sich gegen Nordost. Sechzehn Tage hatte der Ausbruch gedauert. Der Sand bestand aus Bruchstücken von Schlacke, Chrysolith und Feldspath. —

Dieser neue Kegel steht also abermals auf einer Querspalte; der hauptsächlichste Punkt der Thätigkeit, als welchen wir den Krater mit verticaler Wurfrichtung anzusehen haben, lag wieder gegen Südwest. Der fertige Kegel gleicht etwa dem Monte Nuovo bei Puzzuoli, indem er nur einen Ring von Auswürflingen darstellt und der Boden des Kraters nicht wesentlich höher zu liegen scheint als die umliegende Ebene. Ausserordentlich gross muss aber, nach dem Volum der ausgeschleuderten Massen zu urtheilen, der zurückgebliebene Hohlraum gewesen sein, und doch erzeugten diese grossen Massen nur einen Kegel von 200 Fuss Höhe. —

Kehren wir aber zurück zu der Verfolgung der vulcanischen Hauptlinie.

Jenseits des Viejo, aber wieder etwas seewärts, ausserhalb der Richtung der Hauptlinie, folgt nun der berühmteste Vulcan dieser Region, der Conseguina. Seine Eruption vom 20. Januar 1835 gilt, vielleicht nicht mit Unrecht, als die grossartigste und schrecklichste Erscheinung dieser Art in den letzten Jahrhunderten. So unermesslich war die Masse ausgeworfener Theile des Erdinnern, dass Dollfuss und Mont-Serrat, deren ausführliche Beschreibung der Vulcane von Guatemala und Salvador ich in dem Nachfolgenden vielfach benutzt habe, auf Grund einer Sammlung amtlicher Berichte dem von Asche und Bimsstein bestreuten Theile des Meeres von Ost gegen West eine Ausdehnung von 2000 Km. zuschreiben. In der ganzen Umgebung, noch in der Stadt S. Miguel, welches doch 80—90 Km. vom Conseguina entfernt ist, herrschte durch dritthalb Tage die vollste Finsterniss; die Aeste der Bäume brachen unter dem Regen von Sand und Asche und die Vögel fielen todt zu Boden. Selbst in der Stadt Guatemala, beiläufig 350 Km. von der Ausbruchstelle, war die Sonne durch einen dunklen Nebel getrübt und es dauerte daselbst der Aschenfall bis zum 31. Januar. Die Erschütterungen der Erdrinde aber waren so heftig, dass sie sich mit erschreckender Gewalt gegen Nordwest durch Guatemala bis nach Chiapas, gegen Nordost bis Jamaica und gegen Südost bis Bogota fortpflanzten.[35]

Wieder entsteht die Frage nach dem Ausmasse des Hohlraumes, welchen dieser ausserordentliche Auswurf zurückgelassen haben mag. —

Conseguina bildet, seewärts vortretend, die südliche Abgrenzung der Bucht von Fonseca, in deren Hintergrund der unthätige Vulcan auf der Insel Tigré und an deren Nordrand der Conchagua sich erhebt, welcher nach langer Ruhe am 23. Februar 1868 ausbrach. Mit dem Conchagua beginnt der zweite, etwas mehr gegen West gerichtete Theil der mittelamerikanischen Vulcanenreihe.

Das nördliche Guatemala besteht, wie an späterer Stelle ausführlicher gezeigt werden wird, aus einem Bruchstücke eines einseitig gebauten Gebirgszuges, welcher gegen Ostnordost, ziemlich quer über das mittelamerikanische Festland streicht und seine Fortsetzung in Jamaica und Haiti findet. Die nördlichste Zone

ist Kalkstein; ihr folgt eine Zone älterer Schiefergesteine, welche im Hintergrunde des amatischen Golfes und östlich von demselben das caraibische Meer erreicht; südlich von dieser taucht eine schmale Granitzone nördlich von der Stadt Guatemala hervor und folgt gegen Ostnordost eine Strecke weit dem Längenthale des Rio Grande. Alle südlicher folgenden Höhenzüge aber bis in die Nähe der Bucht von Fonseca und bis zu einem grossen Abbruche, welcher, schräge das Streichen des Gebirges durchschneidend, nahezu dem Verlaufe der pacifischen Küste folgt, sind aus einer Felsart zusammengesetzt, welche Dollfuss und Mont-Serrat als ‚*Porphyre trachytique*' bezeichnen. Der Kante und dem Gehänge dieses schrägen und der pacifischen Küste parallelen Abbruches sind die Vulcane von Salvador und Guatemala aufgesetzt.

Von diesen Vulcanen gelten aber alle jene eigenthümlichen Kennzeichen, welche die Linie vom Chiriqui bis zum Conseguina auszeichnen. ‚Man bemerkt in der That,' sagen Dollfuss und Mont-Serrat, ‚dass man es nicht mit einer Serie vereinzelter Vulcane zu thun hat, welche nach irgend einer mehr oder minder geraden oder gebrochenen Linie gereiht wären, sondern mit einer Aufeinanderfolge kleiner Systeme, welche von einander ziemlich unabhängig und nach Entfernungen geordnet sind, die zwischen verhältnissmässig ziemlich engen Grenzen schwanken. Jede dieser Gruppen ist von einer mehr oder minder beträchtlichen Anzahl von Kegeln und Krateren gebildet, die einen erloschen, die anderen noch thätig, gereiht nach einer geraden Linie, deren Richtung annähernd senkrecht steht auf jener der vulcanischen Hauptaxe.' ‚... Es scheint daher, als hätte sich an jeder Ausbruchstelle eine Spalte normal auf die Hauptspalte gebildet, auf welcher (Querspalte) die vulcanischen Essen stehen, eine nach der anderen gebildet durch einen fortschreitenden Gang der eruptiven Thätigkeit. Dass dieser Gang stets in einer bestimmten und unveränderten Richtung erfolgt sei, können wir nicht behaupten, aber wir bemerken dennoch im Vorübergehen und ohne für den Augenblick hieraus einen Schluss ziehen zu wollen, dass in vielen Fällen, wenn einer der Vulcane einer besonderen Gruppe noch thätig ist, derselbe an dem südlichen Ende des Systems steht.'[36] —

Dem Conchagua folgt in der Richtung gegen Westnordwest auf der Hauptlinie der 2153 M. hohe thätige S. Miguel, bis zu welchem sich vom Conchagua ein weites Lavafeld hinzieht. An diesen reihen sich, ebenfalls auf der Hauptlinie, die kleineren Ausbruchstellen von Chinameca und der Vulcan von Tecapa, dann der S. Vicente (2400 M.), hierauf der See von Ilopango, aus dessen Mitte im Februar 1880 ein neuer Vulcan hervortrat. Rockstroh hat denselben anschaulich beschrieben.[37]

Den See umgeben steile Wände älteren Gebirges. Landeinwärts gegen Nordnordost liegt der kleine erloschene Vulcan von Cojutepeque.

Jenseits des Sees von Ilopango erhebt sich die vulcanische Gruppe von San Salvador, dann, ziemlich auffallend gegen das Meer vorgeschoben, der merkwürdige Izalco (21, Fig. 5).

K. von Seebach, dessen ausgedehnte Arbeiten in diesem Gebiete bisher nur in einzelnen, allerdings höchst werthvollen Bruchstücken in die Oeffentlichkeit gelangt sind, hat eine lehrreiche Beschreibung desselben geliefert.[38]

Dieser Vulcan ist, wie die genannten Ausbruchstellen bei Leon, wie der Jorullo und der Monte Nuovo, ganz in historischer Zeit entstanden, und zwar seit dem 29. März 1793. Er liegt gegen Südwest vor dem erloschenen Cerro Redondo und ist seit seiner Entstehung mit geringen Unterbrechungen thätig; durch viele Jahre hat er ebenso regelmässige rhythmische Eruptionen gezeigt wie der Stromboli. Er erhebt sich nach Seebach 597 M. über das Meer und 292 M. über den Boden der Kirche zu Izalco. Hieraus berechnet Seebach das Volum des Kegels mit 26·88 Millionen Kubikm. und bei fortwährend gleichmässiger Thätigkeit seit 1793 den Auswurf auf 0·7 Kubikm. per Minute. Thatsächlich dürfte das Volum der ausgeworfenen Massen jedoch noch weit grösser sein, weil bei heftigeren Ausbrüchen nur ein geringer Theil zum Aufbaue des Kegels dient und der Rest weit über Land und Meer hingetragen wird.

Eine genauere Vergleichung der jenseits des Izalco liegenden Vulcane wird erst nach Veröffentlichung von K. von Seebach's Arbeiten thunlich sein; einstweilen aber mag die beifolgende, nach Dollfuss und Mont-Serrat entworfene Skizze zeigen, bis zu welchem

Grade die Querspalten zur Entwicklung gelangen. Hier steht vor Allem die lange Reihe der Vulcane von Chiquimula (14—18) und jene von Cerro Redondo (12, 13), beide nur erloschene Kratere umfassend, auf der Hauptlinie dann der thätige Pacaya (11) und der hohe, durch den verheerenden Ausbruch von Wasser im Jahre 1541, wahrscheinlich den Bruch und die Entleerung eines Kratersees, bekannte Vulcan d'Agua. Es folgt die mächtige Querlinie des V. de Fuego (7, 8, 9) mit dem thätigen Schlunde an dem

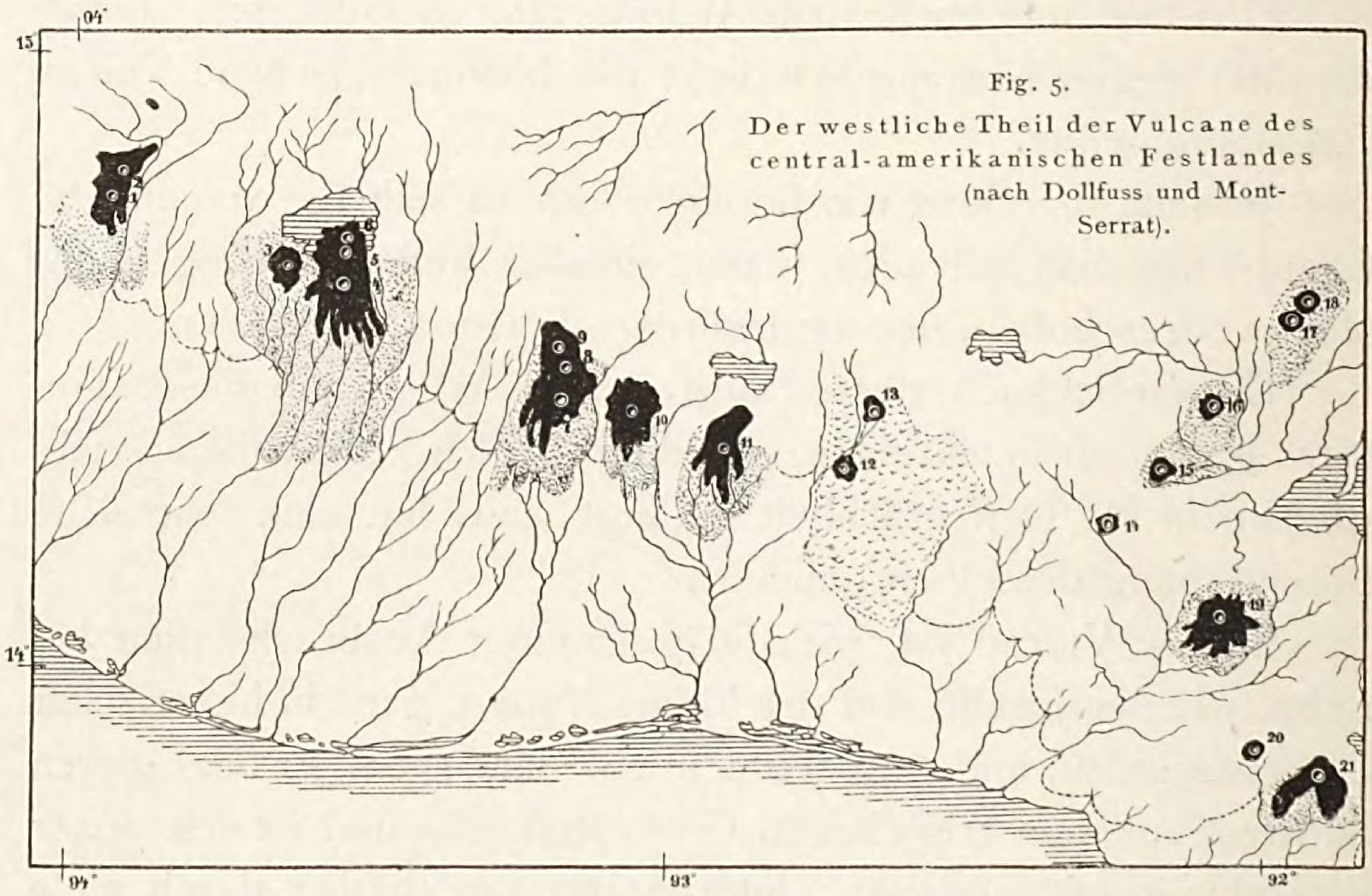


Fig. 5. Der westliche Theil der Vulcane des central-amerikanischen Festlandes (nach Dollfuss und Mont-Serrat).

1. V. Sta. Maria; — 2. Cerro Quemado (3109 M., thätig); 1 und 2 bilden die Gruppe von Quezaltenango; — 3. V. S. Pedro; — 4., 5., 6. Gruppe von Atitlan (3573 M.; der Kegel 4, V. Atitlan ist thätig); — 7., 8., 9. Gruppe des V. de Fuego, 7. V. de Fuego (4001 M., thätig), 8. Acatenango (4150 M.); — 10. V. d'Agua (3753 M.); — 11. Pacaya (2550 M., thätig); — 12., 13. Gruppe von Cerro Redondo; — 14.—18. Reihe von Chiquimula, 14. Amayo, 15. Cuma, 16. V. de S. Catarina, 17. M. Rico, 18. Ipala; — 19. V. Chingo; — 20. S. Anna und 21. Izalco (thätig). Westlich von denselben die thätigen Thermen und Schlammkratere von Ahuachapam.

Folglich thätige Vulcane: 2, 4, 7, 11, 21.

Die punktirte Linie bezeichnet den Fuss des Gebirges. Die Vulcane sind von ihren Aschen und Laven, 12 und 13 von einem grossen Basaltfelde umgeben.

südwestlichen Ende, hierauf die ebenfalls riesige Gruppe des V. d'Atitlan (4, 5, 6), abermals mit der thätigen Esse am südwestlichen Ende, dann der erloschene V. S. Pedro (3), endlich an der mexicanischen Grenze die beiden Ausbruchstellen von Quezaltenango (1, 2), von welchen ausnahmsweise der vom Meere entferntere, nordöstliche Schlund thätig ist.

Auf der ganzen Linie von Chiriqui im Südosten bis zur Bucht von Fonseca und bis an die mexicanische Grenze im Nordwesten

wiederholt sich also oftmals die Erscheinung, dass die Vulcane entweder auf längeren selbständigen Querlinien stehen, welche die Hauptlinie in rechtem oder spitzem Winkel treffen, oder es zeigt sich in den einzelnen Vulcanen selbst das Bestreben, ihre Ausbruchsstelle quer auf die Hauptlinie zu verschieben, und zwar erfolgt diese Verschiebung, wie es scheint, in allen Fällen, mit Ausnahme des Cerro Quemado in der Gruppe von Quezaltenango im äussersten Nordwesten, in der Richtung gegen das pacifische Meer.

Diese Verschiebung erfolgt aber ziemlich rasch und sind im Laufe der letzten hundert Jahre bereits einige neue Ausbruchstellen in dieser Richtung geöffnet worden, abgesehen von den zahlreichen Erschütterungen des Bodens und den Ausbrüchen aus den bestehenden Essen, welche die, man könnte fast sagen ununterbrochene Bewegung der Erdrinde in diesen Regionen verrathen.

In Bezug auf eine der heftigeren unter den neuen Erschütterungen, jene vom 19. December 1862 und den folgenden Wochen, hat P. Lizarzaburu die merkwürdige Erfahrung geschöpft, dass dieselbe nicht von einem einzigen Punkte, sondern von einem grossen Stücke der Hauptlinie, und insbesondere von dem Vulcan d'Atitlan, dem V. de Fuego und dem Izalco auszugehen schien. In der Nähe dieser drei Vulcane traten die grössten Verheerungen ein. Auf dem magnetischen Observatorium zu Guatemala begann die erste und heftigste Erschütterung am 19. December 1862 7^h $25'$ pm. mit einem Stosse aus Südwest, das ist aus der Richtung zwischen Atitlan und Fuego, und es folgte sofort eine Bewegung aus Südsüdost, also beiläufig aus der Gegend des Izalco. Am 20. December trafen weitere Erschütterungen aus Südsüdost ein. Nach einer Unterbrechung bis zum 26. December erneuerten sich die Stösse aus Südwest, und diese hielten bis in die zweite Hälfte des Monats Januar an.[39]

Die Uebereinstimmung dieser Angaben mit den Beobachtungen über das Wandern der Stosspunkte auf der calabrischen Hauptlinie besteht vor Allem darin, dass in beiden Gebieten gleichsam unter unseren Augen grosse und zusammenhängende Bewegungen der Erdrinde sich vollziehen und noch weit grössere sich vorbereiten. Während aber in Calabrien die deutlichsten

Anzeichen dieser Vorgänge auf der peripherischen Randkluft hervorgetreten sind, zeigt sich in Mittelamerika auf der ganzen langen Erstreckung vom Chiriqui bis an die mexicanische Grenze, erst schräge über das Festland, dann längs der pacifischen Küste, von 8°48′ bis gegen den 15. Breitegrad an zahlreichen Beispielen das Bestreben nach weiterer Ausbildung von Querspalten in der Richtung des pacifischen Oceans. Diese Querspalten dürfen möglicher Weise im Sinne von Radialsprüngen aufgefasst werden, welche entweder einem sehr grossen, zusammenhängenden, oder zweien, in der Nähe der Bucht von Fonseca zusammentreffenden Senkungsfeldern angehören. Der Vorgang würde dann bestehen in der Oeffnung von Radialsprüngen von aussen gegen innen. Dabei greift die längste dieser Radiallinien, jene von Chiquimula, weit über die sonst ziemlich deutlich ausgesprochene peripherische Zone hinaus.

Ein sehr grosser Theil der pacifischen Seite von Mittel-Amerika ist hier im Absinken begriffen. Dieses Absinken erfolgt quer auf das Streichen des aus Granit und geschichteten Felsarten bestehenden Kettengebirges, welches gegen Jamaica und Haiti hinüberstreicht, und lässt nicht den geringsten Zusammenhang mit der Structur dieses Gebirges erkennen.

D. Die Angaben über rhapsodische Erhebungen der südamerikanischen Westküste.

In Calabrien wurden bei heftigeren Erdbeben auf der Strasse liegende Steine in die Höhe geschnellt. Bei dem chilenischen Erdbeben vom 7. November 1837 soll ein Mastbaum, welcher mit seinem unteren Ende angeblich 10 Meter tief in die Erde versenkt und von eisernen Klammern festgehalten war, ohne Zerstörung der Oeffnung in der Erde aus derselben hervorgestossen worden sein.[40] A. v. Humboldt erzählt sogar, dass bei der Zerstörung von Riobamba im Jahre 1797 durch die ‚minenartige Explosion‘ des senkrechten Stosses viele Leichname der Einwohner auf den mehrere hundert Fuss hohen Hügel la Cullca, jenseits des Flüsschens von Lican, geschleudert wurden.[41]

Diese Erscheinungen gleichen in der That sehr wenig jenen Bewegungen der Erde, durch welche Gebirge erzeugt worden sind, und noch weit weniger jenen vermeintlichen ausgedehnten, gleichförmigen und langsamen Bewegungen der Erdfeste, welche als ‚continentale, säculare Schwankungen‘ bezeichnet werden. Sie deuten vielmehr auf plötzliches, locales Aufschnellen, vielleicht ein Aufprellen durch Entlastung. Dass sich dabei eine bleibende, wenn auch geringe Ortsveränderung gegen aufwärts vollziehe, ist von vorneherein gar nicht unwahrscheinlich, aber um so merkwürdiger ist die Thatsache, dass eine solche dauernde Veränderung zwar oft behauptet, aber bis heute kaum irgendwo mit hinreichender Sicherheit erwiesen ist.

Der bekannteste, in den Lehrbüchern am häufigsten angeführte, angeblich am sichersten nachgewiesene Fall betrifft die vermeintliche wiederholte Erhebung der westlichen Küste Südamerika's bei grossen Erdbeben. Diesen will ich versuchen, nach den vorliegenden Berichten zu prüfen.

Allerdings muss vorausgeschickt werden, dass gerade hier die äusseren Verhältnisse in besonderem Maasse geeignet sind, den Beobachter von vorneherein der Annahme wiederholter rhapsodischer Erhebungen günstig zu stimmen.

Zunächst erhebt sich parallel dieser durch so viele Breitengrade fast geradlinig verlaufenden Küste eine der grössten Vulcanlinien der Erde, und schon dieser Umstand konnte zu einer Zeit, in welcher die Ansichten über den Zusammenhang von Vulcanismus und Erhebung von den heutigen verschieden waren, einigen Einfluss auf das Urtheil üben.

Ferner ist diese Küste auf lange Strecken hin umgürtet von abgestuftem Schuttlande, in welchem über dem heutigen Meeresspiegel Conchylien angetroffen wurden. Diese Terrassen zeigen ohne Zweifel beträchtliche Veränderungen in der Lage des Strandes an, aber irgend eine ursachliche Verknüpfung mit den heutigen Erderschütterungen ist nicht ersichtlich; sie gehören einer vergangenen Zeit an und sollen an einer späteren Stelle als ein Theil einer noch sehr weit über den Schütterkreis dieser Beben hinaus verbreiteten Erscheinung besprochen werden.

Endlich ist der Fuss dieser Küste an vielen Stellen mit Küchenüberresten belegt, und diese sind sogar an manchen Orten heute noch in Ablagerung begriffen.

Als Darwin im Jahre 1835 diese Küsten besuchte, besass man nur wenig Erfahrungen über die ausserordentliche Verbreitung solcher Reste, und allerdings musste es im höchsten Grade befremden und konnte es von ihm immerhin nach den damaligen Erfahrungen als ein Zeichen junger Hebung angesehen werden, als er auf der Insel S. Lorenzo bei Callao, 85 Fuss über dem Meere, in einer Lage von Meeresconchylien einen Faden, Stücke von Flechtwerk und andere Spuren menschlicher Thätigkeit antraf.[42] Dana, welcher einige Jahre darauf die Stelle besuchte, hat dies bereits aufgeklärt.[43]

Bevor ich nun weiter an die Aufzählung der Berichte aus Südamerika schreite, mag an den Umstand erinnert werden, dass die seismischen Wellen des Oceans, so wie sie aufreissend und zerstörend über das Festland sich wälzen, so auch ausserordentliche Mengen von losem Sediment vom Meeresgrunde heben und fortbewegen. Nach der grossen Ueberfluthung von Callao am 28. October 1746 blieben auf den Trümmern der zerstörten Stadt grosse Haufen von Meeressand und Geröllen zurück.[44] Wo eine Insel die seismischen Wogen zertheilt oder wo sonst zwei seismisch erregte Strömungen sich treffen, entsteht auf diese Art leicht neues Land. Davon bietet Ostindien ein grosses Beispiel. An der Malabar-Küste wurde nördlich von Cochin im Jahre 1341 bei einem grossen Erdbeben die Insel Vaypi aufgeworfen. Sie besteht aus Seesand und aus denselben Sedimenten, welche heute von den Ghâts in die flachen Districte von Malabar herabgetragen werden. Zugleich wurde das Gebiet der Mündung des Flusses Cochin gänzlich verändert, und so gewaltig war der Eindruck dieser Naturerscheinung auf die Hindus, dass sie von ihr eine neue Zeitrechnung ‚Puduvepa' (Neue Einführung) zählten.[45]

Nun kehren wir nach Südamerika zurück, und zwar zunächst zu den von Tschudi gesammelten Beobachtungen über angebliche wiederholte Hebung und Senkung des Landes um Callao.

Von den Küchenresten von Callao ist bereits die Rede gewesen. Ausser auf diese beruft man sich auf den Umstand, dass

die heute zwei Seemeilen vom Festlande entfernte Insel S. Lorenzo demselben bald näher gewesen sei, bald weiter von demselben abgetrennt. Im Jahre 1742 sei die Entfernung beiläufig dieselbe gewesen wie heute; bei dem grossen Erdbeben von 1746 sei eine Versenkung der Stadt eingetreten; durch eine Hebung der Küste sei 1760 die Insel dem Lande wieder so nahe gebracht worden, dass die Jungen mit Steinen hinüberwerfen konnten. Zwischen der Insel und dem Festlande liege eine Untiefe, ‚Camotal' genannt, weil man einst auf ihr, als sie trocken lag, Camote, das ist Kartoffel gebaut habe.[46]

Es handelt sich hier um eine Landzunge zwischen S. Lorenzo und dem Festlande, welche bald, sei es durch langsame Verlandung oder durch plötzliches Hinwerfen von Sediment, gebildet, bald, vielleicht von einer darüber stürzenden seismischen Woge wieder durchrissen und zerstört wurde. Eine Schwankung des Festlandes folgt hieraus nicht. Die Berichte von 1746 sprechen auch nicht von einer Versenkung der Stadt, sondern beschreiben im Gegentheile deutlich das Heransteigen und endliche Hinstürzen der Meereswoge über das Land. —

Jene Angaben, welche die meiste Verbreitung gefunden haben, betreffen die Erschütterungen einzelner Theile Südamerika's in den Jahren 1822, 1835 und 1837.

Das Erdbeben vom 19. November 1822 schien seinen Ausgangspunkt nordöstlich von Valparaiso zu haben. Der massgebende Bericht über die gleichzeitige Erhebung des Landes ist ein Brief von Mrs. Maria Graham, welchen die geologische Gesellschaft in London veröffentlicht hat. Diesem Briefe zufolge schien es am nächstfolgenden Morgen, als sei die ganze Küste auf eine Erstreckung von mehr als 100 Miles über ihr früheres Niveau erhoben. In Valparaiso habe die Aenderung etwa 3 Fuss betragen, zu Quintero beiläufig 4 Fuss. Bei Hochwasser habe man das alte Bett des Meeres trocken gesehen, mit Austern und anderen Muscheln haftend auf dem Felsen, auf welchem sie gewachsen waren, jedoch todt und sehr üble Gerüche verbreitend.[47]

Spätere Beobachtungen von Dr. Meyen und Anderen übergehe ich, weil sie erst Jahre lang nach dem Ereignisse gemacht wurden und kaum Neues hinzufügen.

Den bestimmten Angaben von Mrs. Graham stehen aber ebenso bestimmte gegentheilige Angaben entgegen, deren wichtigste allerdings erst im Jahre 1835 veröffentlicht wurden; es sind dies Briefe von Capitän Belcher, Lieutenant Bower und dem bekannten Malacologen Cuming an dieselbe geologische Gesellschaft.[48]

Capitän Belcher bezweifelt, dass irgend eine Veränderung des Niveaus eingetreten sei, welche die dortigen Sondirungen beeinflusst hätte, weil bei den an der chilenischen Küste stationirten königlichen Schiffen keine Anzeige dieser Art eingelaufen sei, was gewiss geschehen wäre, wenn die Sache den ansässigen Engländern von Bedeutung erschienen wäre. Lieutenant Bower war im Februar 1823 in Valparaiso und hat dort Alles in demselben Zustande gefunden wie ein Jahr zuvor, doch ist seit dem Erdbeben das Wasser allmälig zurückgetreten zwischen der Landungsstelle und dem Marktplatze, und es ist eine Reihe fester Gebäude errichtet, wo früher das Meer floss.

Herr Cuming war in Valparaiso vom Januar 1822 bis 1827 und mit wenig Unterbrechungen bis 1831. Er war Zeuge des Erdbebens; sein Haus wurde zerstört. Er hörte, dass das Meer sich zurückgezogen habe und mit grosser Macht wiedergekehrt sei; als er am nächsten Morgen an den Strand kam, bemerkte er die Wirkungen, sah aber in Bezug auf das Meer nichts als hohe Fluth. Er hat nicht von einer Erhebung der Küste oder von einzelnen Felsen gehört; weder er, noch seine Freunde könnten den Angaben Mrs. Graham's zustimmen. Er habe vor und nach dem Erdbeben und bis zum Schlusse seines Aufenthaltes an den Felsriffen der Bucht Fuci, Patellae, Balanen u. s. w. gesammelt, ohne jemals eine Aenderung wahrzunehmen. Die Ansicht, dass das Land sich erhoben hat, möge daher rühren, dass seit dem Erdbeben eine Anhäufung von Detritus an einer Stelle stattgefunden habe, welche vor dem Erdbeben von der Fluth erreicht wurde, und auf welcher Häuser und sogar kleine Strassen errichtet wurden. Der grösste Theil dieser Anschwemmung sei jedoch erst im Juni 1827, also fünf Jahre nach dem Erdbeben, durch heftige Regen erzeugt worden, welche den losen granitischen Boden der nächsten Gehänge herabtrugen.

Hienach halte ich die Discussion über den ersten Fall, das Erdbeben von 1822, für erledigt.

Der nächste Fall betrifft das Erdbeben von Concepcion vom 20. Februar 1835.

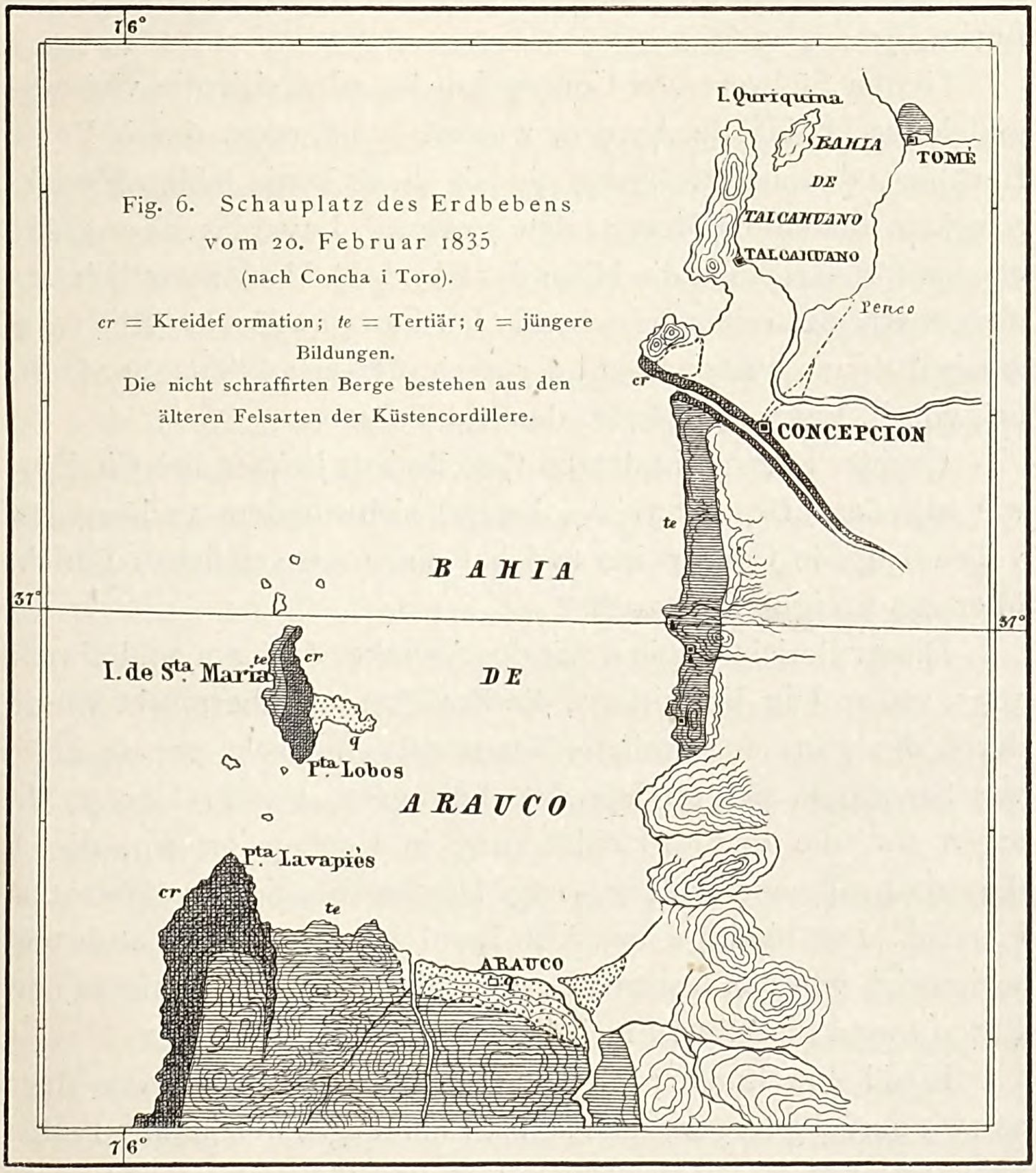


Fig. 6. Schauplatz des Erdbebens vom 20. Februar 1835 (nach Concha i Toro).

cr = Kreideformation; *te* = Tertiär; *q* = jüngere Bildungen.

Die nicht schraffirten Berge bestehen aus den älteren Felsarten der Küstencordillere.

Werfen wir zunächst einen Blick auf den Schauplatz der wichtigsten Begebenheiten. Enr. Concha i Toro hat den geologischen Bau desselben kürzlich beschrieben. Die Küste besteht hier, zwischen 36° 30′ und 37° 30′, aus den alten Felsarten der chilenischen Küstencordillere, auf welchen Schollen der Kreideformation, der Tertiärformation und von quaternären Ablagerungen liegen.[49]

Nördlich von der Stadt Concepcion liegt die Bahia de Talcahuano, auch Bucht von Concepcion genannt, an dem südöstlichen Ufer derselben die alte Hauptstadt Penco, gegen Nordost der baculitenreiche Grünsandstein von Tomè. Die Insel Quiriquina legt sich quer über einen grossen Theil der Bucht.

Gegen Südwest von Concepcion befindet sich die viel ausgedehntere Bahia de Arauco, westwärts begrenzt durch Punta Lavapiès, deren Fortsetzung die Isla de S. Maria bildet. Kreideschichten bilden die Meeresküste gegen P. Lavapiès hinaus und ebenso fortstreichend die Mitte der Isla de S. Maria; westlich von diesem Kreidestreifen besteht die Insel aus tertiären, östlich von demselben aus quaternären oder noch jüngeren Bildungen. Oestlich von P. Lavapiès mündet der Rio Tubul.

Capitän Fitzroy, in dessen Gesellschaft bekanntlich Ch. Darwin auf dem ‚Beagle' reiste, befand sich an dem verhängnissvollen Tage in Concepcion und hat einen anschaulichen Bericht über das Ereigniss erstattet.[50]

Dieser Bericht beginnt mit der Angabe, dass am 20. Februar 1835, um 10 Uhr Vormittags, die Bevölkerung überrascht wurde durch den ganz ungewohnten Umstand, dass sehr grosse Züge von Seevögeln sich landeinwärts bewegten. Um 11 Uhr 40 Minuten trat die erste Erschütterung in Concepcion ein, gleich darauf die allgemeine Zerstörung. Der Stoss schien aus Südost zu kommen. Das niedrige und lose Land wurde mehr zerrüttet und schien sich von den festeren Bergen zu lösen. In Talcahuano und Penco traten dieselben Erscheinungen ein.

Eine halbe Stunde nach dem Hauptstosse hatte sich das Meer so weit zurückgezogen, dass selbst Fahrzeuge, welche in 7 Faden ankerten, trocken lagen. Alle Felsen und Untiefen in der Bucht von Talcahuano waren sichtbar. Dann drängte sich eine ungeheure Welle durch die westliche Strasse zwischen Quiriquina und dem Festlande, bis zu 30 Fuss über Hochwasser Alles vor sich hinfegend. Es folgte eine zweite noch grössere und noch mehr brausende Woge, endlich nach einigen Minuten die dritte und mächtigste. Erschöpfung schien zu folgen. Erde und Wasser zitterten. Durch drei Tage noch ebbte und fluthete die See ganz unregel-

mässig und häufig. Einige Stunden nach dem Ereignisse stieg und fiel sie zwei- oder dreimal in der Stunde.

Oestlich von Quiriquina trat eine schwächere Welle ein. In derselben Zeit meinte man an einigen Orten jenseits Quiriquina und in der Bucht von S. Vincente rauchartige Eruptionen im Meere wahrzunehmen. Es folgte denselben ein Wirbel, als würde die See in eine Höhlung sich ergiessen.

,*Durch einige Tage nach der Zerstörung,*' sagt Fitzroy weiter, ,*stieg das Meer nicht bis zu den gewöhnlichen Marken, um 4 bis 5 Fuss vertical. Einige dachten, das Land sei gehoben worden, aber der allgemeine und vorherrschende Gedanke war, dass das Meer sich zurückgezogen habe. Diese Differenz verminderte sich allmälig, bis Mitte April nur eine Differenz von 2 Fuss zwischen den thatsächlichen und den früheren Hochwassermarken bestand.*'

,*Der Beweis, dass das Land sich erhoben habe, liegt in der Thatsache, dass die Insel S. Maria um 9 Fuss gehoben wurde.*'

Die Erhebung des südlichen Endes dieser Insel betrug 8 Fuss, der Mitte 9 Fuss, des Nordendes 10 Fuss. Die Insel wurde zweimal besucht, Ende März und Anfangs April. Das erste Mal wurde die Erhebung von 8 Fuss ermittelt; später tauchten Zweifel auf und man kehrte nochmals zurück und bestätigte auf verschiedene Art die erste Beobachtung. Bei Tubul, am Festlande, betrug die Erhebung 6 Fuss.

So weit die wesentlichsten Angaben von Fitzroy; Darwin war zur selben Zeit in Valdivia.

Man ersieht hieraus, dass auf einer Linie von Tubul am Festlande nordwärts längs der Insel S. Maria sich Verschiedenheit zeigte, und zwar 6 Fuss in Tubul, dann steigend 8, 9 und 10 Fuss auf S. Maria; ferner, dass bei Talcahuana die Differenz anfangs 4 bis 5 Fuss betrug und sich bis Mitte April auf 2 Fuss minderte; ferner, dass auf S. Maria die letzten Beobachtungen Anfangs April gemacht wurden. In einem späteren Berichte sagt Darwin: ,*Es erscheint aus den Untersuchungen des Capitän Fitzroy, dass sowohl die Insel S. Maria als Concepcion im Laufe einiger Wochen sich senkten und einen Theil ihrer ersten Erhebung verloren.*'[51]

Caldcleugh, welcher ebenfalls als Augenzeuge über diese Vorgänge berichtet hat, schreibt: ,*Beide, Capitän Fitzroy und*

Capitän Simpson von der chilenischen Flotte, sind der Meinung, dass die Erhebung des Bodens sowohl auf der Insel als in Concepcion zur Zeit des Erdbebens bedeutend grösser gewesen sei, und dass die vielen folgenden kleineren Oscillationen eine Senkung bis zu dem oben genannten Niveau (8—10 Fuss) herbeigeführt haben mögen.'[52]

Nicht lange nach Fitzroy, am 3. Mai 1835, ankerte Capitän Coste bei S. Maria; auch er fand 9 Fuss weniger Ankergrund als im Vorjahre. Am Ufer sah er auch ähnliche Spuren wie Fitzroy, stellte aber leider keine genaueren Messungen an.[53]

Zugleich mit den Berichten der Forscher des Beagle wurden der geologischen Gesellschaft ein Bericht von Don Mar. Rivero und ein Brief von Col. Walpole vorgelegt, welche sich Beide gegen jede in Chile während dieses Erdbebens vorgekommene Niveauänderung aussprachen.[54]

Selbst Ch. Lyell, der eifrigste Vertreter der Ansicht von der Erhebung des Festlandes, hat sich später zu der Bemerkung veranlasst gesehen, dass die geringe Höhe der alten Bauten von Penco über dem Meere geeignet sei, die Meinung über eine dauernde Erhebung dieser Küste zu beirren und einiges Licht auf die in den letzten Jahren geäusserte Meinung zu werfen, dass an der chilenischen Küste die Neigung vorhanden sei, nach jeder Erhebung allmälig wieder zurückzusinken und in die frühere Lage zurückzukehren.[55]

Unter diesen Umständen sind aber alle Schlussfolgerungen, welche die Vertheidiger der Elevationstheorie gerade an diesen Fall geknüpft haben, hinfällig und drängt sich die Frage auf, ob diese vorübergehende und nicht beträchtliche Differenz nicht doch weit einfacher durch die überaus heftige Erschütterung des Meeres zu erklären sei. Zwischen P. Lavapiès und S. Maria tritt heute eine ansehnliche Strömung in den Golf von Arauco ein, um denselben nordwärts wieder zu verlassen; es bleibt die Frage, ob dieselbe für einige Zeit abgelenkt sein mochte, und ob etwa auch hiedurch eine vorübergehende Niveaudifferenz herbeigeführt werden konnte.

Die Angaben über eine weitere Erhebung des Landes während des Erdbebens von Valdivia am 7. November 1837 beschränken sich auf eine Mittheilung des Capitän Coste über die

Insel Lemus im Chonos-Archipel. Als dieser am 11. December desselben Jahres die Insel besuchte, traf er den Meeresgrund um mehr als 8 Fuss erhoben; Felsen, welche sonst stets das Meer bedeckte, waren entblösst, eine grosse Menge von in Zersetzung begriffenen Conchylien und Fischen bedeckte den Strand, welchen entwurzelte und vom Meere herbeigetragene Bäume in grosser Zahl umgaben. Capitän Coste sah darin Spuren entweder einer raschen Erhebung des Landes oder von Oscillationen des Meeres.[56]

Diese letztere Frage aber scheint mir die entscheidende; es müsste vor Allem bekannt sein, ob wirklich Felsen, oder ob Sandbänke trocken gelegt wurden, und bis zu welchem Grade das Meer, welches die Bäume herbeitrug, auch durch herbeigeschlepptes Sediment etwa die Tiefe verringert habe. Auch bei diesem Erdbeben war die Bewegung des Oceans so bedeutend, dass auf den Gambier-Inseln, auf einzelnen der Tonga- und auf den Samoa-Inseln Hochfluthen eintraten. Auf Wawau in der Tonga-Gruppe wurde die ausserordentliche Erregung des Meeres durch 36 Stunden bemerkt.[57]

Es gibt aber an mehreren Punkten der westlichen Küste Südamerika's ältere Bauwerke, welche jeder beträchtlicheren Erhebung des Bodens von vorneherein widersprechen. Die Grabhügel und Spuren alter Bauwerke, welche Bibra in der Algodon-Bay 40—50 Fuss über dem Meeresspiegel traf, führten diesen Beobachter zu demselben Schlusse,[58] und ebenso Dav. Forbes, als er an der bolivischen Küste zahlreiche indianische Tumuli kaum 20 Fuss über dem Meere sah.[59] Ja für Valparaiso selbst hat Darwin betont, es lasse sich aus den dortigen Bauwerken der Beweis führen, dass seit 220 Jahren die grösste mögliche Erhebung 15 Fuss nicht überschreiten konnte.[60]

Die berufenste Autorität in dieser Frage, Professor R. Philippi in S. Jago, hat schon vor Jahren in seiner Beschreibung der sogenannten Wüste Atacama hervorgehoben, dass er keine Thatsachen gefunden habe, welche auf eine neue, in historischer Zeit eingetretene Hebung dieser Gegend hinweisen würde, und hat seither ausdrücklich bemerkt, dass nach der gewaltigen Erschütterung von Arica am 18. August 1868 weder von der peruanischen,

noch von der chilenischen Küste Berichte über Hebungen oder Senkungen des Bodens eingelangt seien.[61] Derselbe hat übrigens auf meine Bitte die Güte gehabt, nochmals Umfrage zu halten, und schreibt mir am 12. Juni 1882: ‚Leider haben meine diesfälligen Erhebungen kein Resultat gehabt. Es gibt noch gegenwärtig in Chile wenige Personen, die sich für wissenschaftliche Fragen interessiren, und im Jahre 1835 gab es deren noch weniger; die Hafencapitäne aber und die Seefahrer der damaligen Zeit sind längst todt. Ich muss wiederholen, dass mir keine neueren Erhebungen der chilenischen Küste bekannt geworden sind, aber ich habe in Talcahuano und Corral mehrfach erzählen hören, dass das Erdbeben von 1835 Veränderungen des Meeresgrundes hervorgebracht habe, und dass an einzelnen seichten Stellen, welche den Fischern wohlbekannt sind, die Höhe der darüber stehenden Wassersäule abgenommen habe. Diese Behauptungen der Fischer sind meines Erachtens kein vollgiltiger Beweis; diese Leute achten wenig auf bestimmte Daten, und es ist z. B. in dem Meerbusen von Corral leicht möglich, dass die Anschwemmungen des Valdivia-Flusses ein Seichterwerden des Meeres, und zwar ziemlich allmälig bewirkt haben, welches, als es sehr auffallend geworden war, dem erwähnten Erdbeben zugeschrieben wurde. Es gibt eine Menge Leute, auch unter den Gebildeten, die bei der Erklärung einer Erscheinung niemals die einfachste und natürlichste Ursache annehmen.‘

‚Auch vom Hafen von Ancud wird allgemein behauptet, sein Grund habe sich in Folge des Erdbebens von 1835 verändert; von einer Erhebung der ganzen Küste habe ich nichts gehört. Dies ist freilich kein Beweis dagegen, denn eine unbedeutende Erhebung derselben um wenige Fuss würde den Anwohnern kaum besonders aufgefallen sein. . . .‘

Nach einer ausführlichen Darlegung über Küchenreste und alte Strandlinien, welche an späterer Stelle angeführt werden sollen, sagt Professor Philippi weiters: ‚Offen muss ich gestehen, dass ich in Folge meiner Beobachtungen und Erfahrungen wenig geneigt bin zu glauben, dass die Anden und andere hohe Gebirge lediglich in Folge von vielen Tausenden solcher Erdbeben, die jedes den Boden um ein paar Zoll oder ein paar Fuss,

wenn es hoch gekommen wäre, emporgehoben hätten, entstanden sind.‘

Dies führt uns zu den weittragenden Folgerungen, welche vor Jahren aus den Beobachtungen in Chile gezogen worden sind.

Das Erdbeben vom 20. Februar 1835 hat in der That die Anregung zu einer der bedeutendsten Schriften über die Erhebung der Gebirge gegeben, ja, fast möchte ich sagen, zu dem einzigen auf directe Beobachtung der Natur gestützten Versuche, die älteren Ansichten von der Kraft, welche die Gebirgsketten aufgerichtet haben soll, näher zu ermitteln. Ihr Verfasser ist Charles Darwin.[62] Es ist seit jener Zeit kein zweiter, oder doch kein Versuch von gleicher Bedeutung in dieser Richtung gemacht worden. Heute, nach fast einem halben Jahrhunderte, ist es wohl gestattet, anders über diese Fragen zu urtheilen und dennoch die Kühnheit der Verallgemeinerungen anzuerkennen, welche damals schon den grossen Meister verrieth.

Darwin sah die erwachende Thätigkeit der Vulcane während und nach dem Erdbeben; er glaubte die wenn auch ungleichförmige Erhebung des festen Landes zu sehen; er sah ferner die Terrassen längs der Küste. Er wusste aber auch, dass ähnliche Terrassen die Ostküste Südamerika's begleiten, wo es keine Vulcane und keine Erdbeben gibt. Die Erdbeben mussten daher seinem Auge als die örtliche Aeusserung einer allgemeinen Kraft erscheinen. Die säculare Contraction der Erde, welche damals schon von Einzelnen betont wurde, schien mit Recht Darwin vollständig ungeeignet, um jene intermittirenden Erhebungen zu erklären, welche die Terrassen ihm anzeigten, und so gelangte er zu dem Schlusse, ‚*dass die Gestalt der flüssigen Oberfläche des Erdkernes irgend welchem Wechsel unterworfen ist, dessen Ursache gänzlich unbekannt, dessen Wirkung langsam, intermittirend, aber unwiderstehlich ist*‘.

Legen wir nun vor uns eine Karte von Südamerika und denken wir uns den grossen Continent von Nord nach Süd nach der Linie der grössten Länge, und ebenso von Ost nach West nach der grössten Breite in vier ungleiche Theile getheilt. Entnehmen wir ferner einem späteren Abschnitte hier schon die Thatsache, dass die Terrassen gegen Süd ihre grösste Entwicklung

haben, und sowohl an der Ostküste wie an der Westküste nordwärts abnehmen und endlich verschwinden.

Es zeigt sich nun, dass der südwestliche Theil Südamerika's, jener, der Chile umfasst und von dem hier vorzugsweise die Rede war, Vulcane bietet und Erdbeben und Terrassen; der südöstliche zeigt Terrassen, aber keine Vulcane und nur sehr selten Erdbeben; der nordwestliche hat Vulcane und Erdbeben, aber keine Terrassen; der nordöstliche hat Erdbeben, aber keine Vulcane und keine Terrassen.

Näher betrachtend sieht man, dass, wie schon gesagt wurde, die Terrassen im Sinne der Parallelen abnehmen und im Norden fehlen, dass dagegen die Erdbeben dem Hochgebirge folgen. Indem dieses gegen Nordost abschwenkt, zeigen sich auch im nordöstlichen Theile von Südamerika Erdbeben. Die furchtbaren Erschütterungen von Carácas erfolgten weit ausserhalb des Gebietes der Vulcane und der Terrassen.

Die räumliche Annäherung dieser Naturerscheinungen in Chile ist also nur ein Argument von geringer Stärke für ihre ursachliche Verknüpfung, und im Norden Südamerika's sind auch andere Ansichten über das Wesen der Erdbeben erwacht. In demselben Jahre 1835 erklärte Boussingault, dass die grössten Erdbeben der neuen Welt überhaupt nicht mit Eruptionen in Verbindung stehen. Ihr Ursprung müsse einem wahren Nachsinken *(un véritable tassement)* im Innern der Cordilleren zugeschrieben werden. ‚Diese Nachsenkungen der Cordilleren, welche nach ihrer Erhebung so häufig sein mussten, dauern in unseren Tagen noch an. Ich nehme nicht Anstand, ihnen die meisten der grossen Bewegungen zuzuschreiben, welche so oft die Berge erschüttern.‘ [63]

K. Fuchs sagt, dass, seitdem Erdbeben wirklich wissenschaftlich beobachtet und deren Erscheinungen und Folgen untersucht werden, sich unter vielen Tausenden von Erdbeben ‚auch nicht ein Fall von Hebung zugetragen hat‘. [64] Gewiss ist es sehr auffallend, dass seit Jahren und bei der fortwährend sich steigernden Aufmerksamkeit für solche Fälle keine neuen Angaben über Erhebung des Landes aus Südamerika eingelaufen sind, und die von Fonck ausgesprochene Vermuthung, dass der Grund in der grösseren Entfernung der letzten Stosspunkte von der Küste zu

suchen sei, scheint mir durch die vorliegenden Beobachtungen nicht hinreichend unterstützt zu sein.[65]

Das Urtheil über die so oft behaupteten rhapsodischen Erhebungen des westlichen Südamerika sollte daher meines Erachtens folgendermassen lauten:

1. In Callao wurden irrthümliche Meinungen durch Küchenreste veranlasst; hier handelt es sich um wiederholte Anschwemmung und Abschwemmung einer Bank an der Landseite der Insel S. Lorenzo.

2. In dem Falle von Valparaiso 1822 wird von den berufensten Augenzeugen, wie Cuming, jede Veränderung der Strandlinie entschieden geläugnet.

3. Bei dem Erdbeben von Concepcion 1835 war die Bewegung der Wassermasse des Pacifischen Oceans so heftig, dass bald nach dem Stosse einige Fuss Landes am Strande trocken blieben; dies hielt nicht an; mehrere Wochen vergingen jedoch, bis das Gleichgewicht des Meeres wieder hergestellt war.

4. Ueber Valdivia 1837 liegen überhaupt keine genaueren Angaben vor.

5. Bei keiner der zahlreichen seitherigen Erschütterungen des westlichen Südamerika ist eine Erhebung des Landes bemerkt worden.

Anmerkungen zu Abschnitt II: Einzelne Schüttergebiete.

[1] R. Mallet and J. W. Mallet, The Earthquake Catalogue; Rep. Brit. Assoc. 1858, p. 28, 51.

[2] Edm. Naumann, Ueber Erdbeben und Vulcanausbrüche in Japan; aus den Mittheil. der deutsch. Gesellsch. f. Natur- und Völkerkunde Ost-Asien's, 15. Heft, gr. 4°, Yokohama, 1878, S. 4, 5.

[3] J. Milne, Notes on the great Earthquakes of Japan; Trans. Seismol. Soc. of Japan, 1881, III, p. 96—102.

[4] J. D. Whitney, The Owen's Valley Earthquake of March 26, 1872; Overland Monthly for Aug. and Sept. 1872, p. 273.

[5] A. B. Wynne, Notes on the Earthquake in the Punjab of March 2d, 1878; Journ. As. Soc. Bengal, 1878, XLVIIb, p. 131—140.

[6] Alb. Heim, Die schweizerischen Erdbeben vom November 1879 bis Ende 1880; nach den von der Erdbeben-Commission gesammelten Berichten, 4°, Bern, 1881; S. 18–20.

[7] J. Milne, The distrib. of seism. Activity in Japan; Trans. Seismol. Soc. of Japan, 1882, IV, p. 30.

[8] Rossi, Meteorologia Endogena, 8°, vol. II, 1882; Microsismologia.

[9] Nyrèn, Bull. Acad. Pétersb. 1877, XXIV, p. 567.

[10] L. H. Jeitteles, Bericht üb. d. Erdbeben am 15. Januar 1858 in den Karpathen und Sudeten, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, XXXV, 1858, S. 511—592 und Karte; Jul. Schmidt, Untersuchungen üb. d. Erdbeben vom 15. Januar 1858, Mittheil. geogr. Gesellsch. Wien, II, S. 131—203 und Karte; A. Kornhuber, Erdbeben vom 15. Januar 1858, besonders rücksichtlich seiner Verbreitung in Ungarn, Ber. des Vereins f. Naturk. in Pressburg, 1858,

[11] Die Erdbeben Nieder-Oesterreichs, Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1873, XXXIII, S. 1—38 und Karten.

[12] Die Hauptquelle für dieses Beben ist eine Note in Poggendorff's Annal. Phys. Chem. 1837, 42. Bd., S. 685—690.

[13] Nach einer Sammlung noch ungedruckter Berichte.

[14] Bittner, Beitr. zur Kenntniss des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1874, Bd. 69, S. 6.

[15] R. Hoernes, Erdbebenstudien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1878, XXVIII, S. 387 bis 448 und Karte.

[16] H. Hoefer, Die Erdbeben Kärnten's und deren Stosslinien; Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1880, Bd. 42, 2. Abth. S. 1—90 und Karten.

[17] R. Hoernes, Das Erdbeben von Belluno am 29. Juni 1873; Mittheil. d. naturw. Vereins f. Steiermark, 1877, u. a. and. Orten.

[18] R. Bittner, Die geol. Verhältnisse von Hernstein in Niederösterreich. Mit Unterst. Sr. k. Hoh. des Erzh. Leopold herausgegeben von M. A. Becker, I, 4°, 1882, S. 308.

[19] Die Erdbeben des südlichen Italien, Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, XXXIV, 1875, S. 1—32; wesentliche Ergänzungen der damals gegebenen Skizze des geologischen Baues finden sich in L. Burgerstein und F. Noë, Geolog. Beobachtungen im südlichen

Calabrien, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1880, Bd. 81, a, S. 154, mit Karte und Prof., in der ausführlichen Monographie der jüngeren Ablagerungen von G. Seguenza, Le formazioni terziarie nella prov. di Reggio, Atti della R. Accad. dei Lyncei, 3. ser., VI, 1880, und in E. Cortese, Sulla formaz. dello Stretto di Messina, Bollet. comit. geol. 1882, XIII, p. 4—39, tav. I, II.

20 Fr. Hoffmann, Ueber die geognostische Beschaffenheit der Liparischen Inseln, Schreiben an Herrn L. von Buch; Annal. Phys. Chem. 1832, S. 81—88, Taf. IV.

21 J. W. Judd, Contributions to the Study of Volcanos, Geol. Magaz., Jan. 1875, insbes. p. 4 und 214 und das Kärtchen auf p. 7. In letzter Zeit hat Cortese folgende Spaltrichtungen angenommen: 1. Ostwest: Alicuri, Filicuri, Saline; 2. Nordost-Südwest: Stromboli, Panaria, n. Theil von Lipari; 3. Nordsüd: Lipari, Vulcano, Vulcanello; Cortese, Sulla cort. geol. dell' Isola di Lipari; Bollet. comit. geol. 1881, 2. ser., II, p. 502.

22 Ath. Kircheri Mundus subterraneus, Praef. und p. 240.

23 C^te^ Ippolito in Hamilton's Bericht; Philos. Transact. 1783, p. 213 u. folg.

24 Grimaldi, Descrizione de' Tremuoti accad. nelle Calabrie nel 1783; 8°, Napoli, 1784, p. 46.

25 Ferrara, Mem. Sopra i Tremuoti della Sicilia in Marzo 1823; 8°, Palermo, 1823, insbes. p. 23, 32 u. folg.

26 Es ist absichtlich unterlassen worden, jenes wunderbare System von radialen Sprüngen anzuführen, welches Rossi als vom Albaner Gebirge ausstrahlend beschrieben hat. Den Ergebnissen dieses emsigen Beobachters über Beweguug auf Spalten will ich gerne im Wesentlichen zustimmen, ebenso einzelnen Beobachtungen von Brüchen, wie insbesondere dem von Ponzi geführten Nachweise eines Bruches im Tiberthale in Rom selbst. Aber es scheint mir gerade nach Ponzi's Arbeiten kaum thunlich, auf Breislak's Meinung zurückzukommen, dass auf dem Forum selbst ein Vulcan sich befunden habe, und noch viel weniger dürfte es möglich sein, aus Erderschütterungen einzelne so nahe aneinanderliegende Linien mit einiger Sicherheit zu erkennen, namentlich nicht aus einer Erschütterung, welche alle zur selben Zeit getroffen hat. Die calabrischen Radiallinien sind von einander weit entfernt und sind zu ganz verschiedenen Zeiten selbständige seismische Stosslinien gewesen; M. St. de Rossi, Meteor. Endog., I, p. 200—238; Atti Accad. N. Lyncei, 1873.

27 W. M. Gabb, Notes on Costa Rica Geology; Americ. Journ. sc. arts, 1875, 3. ser., IX, p. 198—204, p. 320; Humboldt hielt den Pico Blanco für einen ‚ungeöffneten Trachytkegel' (Kosmos, IV, 1858, S. 307), M. Wagner für einen Vulcan (Naturw. Reisen im tropischen Amerika, 8°, 1870, S. 323 u. folg.).

28 Die Lage von Lyon und Ujum zum Pico Blanco ist gut ersichtlich auf der Karte in Petermann's geogr. Mittheil. 1877, XXIII, Taf. 18; für die nördlicher folgende Gegend bis zum See von Nicaragua mag die Karte von Frantzius, eb. das. 1869, XV, Taf. 5 dienen.

29 K. v. Seebach's Besteigung des Vulcans Turrialba in Costa-Rica; Petermann's geogr. Mittheil. 1865, XI, S. 322, Taf. IX. Das Vorland vom Fusse des Turrialba zum Golf von Nicoya wird von Attwood als gänzlich aus verfestigter Asche mit Zügen von Augit-Andesit bestehend dargestellt; es enthält die Gold und Silber führenden Gänge der Aguacate-Berge; Attwood, On the geol. of part of Costa-Rica, Quart. Journ. geol. Soc. 1882, XXXVIII, p. 328—339.

30 K. v. Seebach, Petermann's geogr. Mittheil. 1866, XII, S. 274.

31 A. Dollfuss et E. de Mont-Serrat, Voy. géol. dans les Républ. de Guatemala et de Salvador (Miss. scientif. au Mexique et dans l'Amér. centr., Géologie), 4°, Paris, 1868, p. 327.

32 K. v. Seebach, Petermann's geogr. Mittheil. 1866, XII, S. 273.

33 E. G. Squier, The Volcanos of Centr. America and the geogr. und topogr. features of Nicaragua; X. Ann. Meeting of the Am. Assoc. at New-Haven, 22. Aug. 1850. Aus der New-York Daily Tribune, 8°, 1850, p. 5, 6.

34 A. B. Dickerson, On the Volc. Eruption near the city of Leon, Amer. Journ. sc. arts, 1868, 2. ser., XLV, p. 131—133; auch vollinhaltlich abgedruckt bei Al. Perrey, Note sur les tremblements de terre en 1866 et 1867 (aus dem Bull. Acad. roy. Belg. 1868), p. 197—200 und bei Dollfuss et Mont-Serrat, p. 327—330.

35 Dollfuss et Mont-Serrat, p. 333—340.

36 Dieselben eb. das. p. 296, 297.

37 Edwin Rockstroh, Informe de la Commision scientif. del Instit. Nacion. de Guatemala nombr. p. et Sr. Ministro de Instrucc. Publ. para el Estudio de los Fenómenos volcán. en el Lago de Ilopango; 8°, Guatemala, 1880, 61 pp. und Karte.

38 K. v. Seebach, Ueber den Vulcan Izalco und den Bau der central-amerikanischen Vulcane im Allgemeinen; Nachr. v. d. kön. Gesellsch. d. Wiss. a. d. G. A. Univ. zu Göttingen, 1865, S. 521—547. Prof. v. Fritsch hat die ausserordentliche Güte gehabt, mir aus Seebach's Manuscripten eine Skizze der Umgebung des Izalco mitzutheilen. Dollfuss und Mont-Serrat ist sonderbarerweise selbst die Thatsache von Seebach's nicht sehr lange vorher unternommenen Besteigung dieses Vulcans unbekannt geblieben.

39 J. A. Lizarzaburu, Observaciones Meteorol. correspond. al anno de 1862, hechas en el Observat. del Seminario de Guatemala. (Aus der Gaceta de Guatemala.) 8°, 17 pp. Ich verdanke die Mittheilung dieser Beobachtungen Herrn Edw. Rockstroh in Guatemala.

40 Lettre de Mr. Gay à Mr. Arago; Comptes rend. 1838, VI, p. 833.

41 Humboldt, Kosmos, I, S. 210.

42 Ch. Darwin, Journal of Researches, 8°, 1839, p. 451 u. a. and. Ort.

43 Ch. Wilkes, U. S. Exploring Expedition, X, Geology by J. D. Dana, 4°, 1849, p. 591.

44 A True and Particular Relation of the dreadful Earthquake, which happend at Lima etc. p. 146. Von einer Hebung des Landes ist in diesem ausführlichen Berichte keine Rede.

45 Newbold, Summary of the Geol. of South. India; Journ. Roy. Asiat. Soc. 1846, VIII, insbes. p. 280 u. folg.; citirt: Thomson, Madras Journ. Litt. Science, Jan. 1837, p. 176, 177.

46 v. Tschudi, Peru, Reiseskizzen, 8°, 1846, I, S. 43—49.

47 Mrs. Maria Graham, An Account of some Effects of the late Earthquakes in Chili, extr. from a letter to H. Warburton Esq.; Transact. Geol. Soc. 1822, 2d ser., I, p. 413—415; Greenough hatte als Präsident dieser hervorragenden Gesellschaft in seiner Jahresadresse vom 4. Juni 1834 grosse Zweifel über diese Angaben ausgesprochen; es folgte eine selbständige Schrift: Mrs. Calcott (ehemals Mrs. Graham), Letter to the President and Members of the Geol. Soc. etc., 8°, London, 1834, welche aber keine neuen Thatsachen brachte.

48 Proceed. geol. Soc. 1838, II, p. 213; Capitän Belcher's und Mr. Cuming's Briefe wurden mitgetheilt in der Sitzung vom 2. Dec. 1835. Später hat E. Chevalier (in dem Reisewerke der Bonite und in einer Note sur la constit. géol. des envir. de Valparaiso et sur le soulèvement du sol de la côte du Chili, Bull. soc. géol. 1843, XIV, p. 396—401) auf Grund der Vergleichung der Sondirungen von Ulloa, 1744, und von Dupetit-Thours, 1837, ebenfalls jede wesentliche Aenderung in der Nähe von Valparaiso geleugnet, aber versucht, sogar alle Conchylien führenden, terrassirten Ablagerungen längs der Küste als Wirkungen seismisch erregter Hochfluthen darzustellen.

49 Don Enrique Concha i Toro, Estudio sobre el carbon fósil que se explota en Chile; Anal. Univ. Chile, 1876, p. 337—423 und 2 Taf.; auch Sieveking, Petermann's geogr. Mittheil. 1883, XXIX, S. 57—61.

50 (R. Fitzroy), Sketch of the Surveying Voyages of H. M. Ships Adventure and Beagle; Journ. Roy. Geogr. Soc. 1836. VI, p. 319—331. Noch weiter im Süden soll die Insel Mocha (38° 12') um 2 Fuss gehoben worden sein, doch scheinen die Nachrichten wenig bestimmt zu sein.

51 Ch. Darwin, Geol. Observ. on the volc. Islands etc., 2d ed., 1876, p. 237; ebenso Domeyko, ‚Sin embargo, por las noticias recibidas posteriormente por Fitzroy, parece que desde entónces el mencionado puerto de la isla ha ganado multo en profundidad, i que toda esta parte de la costa de Chile que el terremoto de 1835 habia levantado, ha vuelto a bajar i hundirse en el mar'; Solevantamiento de la Costa de Chile, Anal. Univ. Chile, 1860, p. 576.

52 Al. Caldcleugh, An Account of the great Earthquake experienced in Chile 20. Febr. 1835; Philos. Transact. 1836, p. 24.

53 Capit. Coste, Comptes rend. 1838, VII, p. 706.

54 In der Sitzung vom 4. Januar 1837. Man findet in den Proc. Geol. Soc., II, p. 179 eine Note von Lieut. Freyer über scheinbare Erhebung des Landes mit Bezug auf die Muschelbänke von Arica und die Insel S. Lorenzo bei Callao; p. 209 den ersten Bericht Fitzroy's über S. Maria und eine Mittheilung von R. E. Alison über diesen Gegenstand; p. 444 eine Abhandlung von Caldcleugh, und p. 446 eine andere von Darwin; dann ist der in der Zeitschrift ‚El Araucano' enthaltene Aufsatz von Rivero, endlich der Brief Col. Walpole's an Palmerston angeführt, welche beide Letzteren, wie gesagt, jede Erhebung oder Senkung des Bodens in Abrede stellen.

55 Lyell, Princ. Geol., XI. ed., 1872, II, p. 156.

56 Comptes rend. 1838, VII, p. 707.

57 Dumoulin, Lettre à M. Arago; Coïncidence de date de quelques mouvements extraordinaires de la mer, observés dans l'Océanie, avec le tremblement de terre, qui en 1837 renversa la ville de Valdivia au Chili; Comptes rend. 1840, X, p. 835—837.

58 v. Bibra, Die Algodon-Bay; Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1852, IV, S. 75—116.

59 D. Forbes, On the Geol. of Bolivia and S. Peru; Quart. Journ. Geol. Soc. 1861, XVII, p. 10.

60 Ch. Darwin, Journ. Res. p. 452; Proc. Geol. Soc., II, p. 488. Die Kirche S. Augustin in Valparaiso widerspricht einer Hebung.

61 Philippi, Die sogenannte Wüste Atacama; Petermann's geogr. Mittheil. 1856, S. 56, und brieflich in Hochstetter, Erdbeben von Peru und seine Fluthwellen.

62 Ch. Darwin, On the Connexion of certain Volcanic Phenomena in South-America and the formation of Mountain Chains and Volcanos, as the Effect of the same Power by which Continents are elevated; Transact. Geol. Soc., V, 1838, p. 601—631, pl. XLIX.

63 Boussingault, Sur les tremblements de terre des Andes; Ann. chem. phys. 1835, t. 58, p. 81, 85. Die angeführten Beispiele beziehen sich allerdings nur auf den Einsturz von Berggipfeln; die Ansichten über die Erhebung der Gebirge im festen Zustande und die Zusammensetzung der Ketten aus Schollen von verschiedener Grösse sind jedoch für die damalige Zeit sehr bemerkenswerth; siehe auch Humboldt, Kosmos, IV, S. 219, 490.

64 K. Fuchs, Vulcane und Erdbeben, 8°, 1875, S. 178; ähnlich das anonyme Werk: Scepticism in Geology and the Reasons for it, 8°, London, 1877, p. 10 u. folg.

65 F. Fonck, Las ajitaciones oceanicas causad. en les costas del Pacifico por el terrem. d. 13. agosto 1868; An. Univ. Chil. 1871, p. 302, 303.

DRITTER ABSCHNITT.

Dislocationen.

Zerlegung der Spannungen. — Dislocation durch tangentiale Bewegung. — Faltung. — Schuppenstructur. — Ueberschiebungs- oder Wechselflächen. — Verschiebungs- oder Blattflächen. — Torsion. — Dislocation durch radiale Bewegung. — Einsinken auf weichender Grundlage. — Flexuren und Verwerfungen. — Sprungnetze. — Kesselbrüche. — Dislocation aus vereinigter radialer und tangentialer Bewegung. — Rückfaltung und Einklemmung. — Vorfaltung.

Es hat sich in den letzten Jahren in Betreff der Bildung der Kettengebirge ein wesentlicher Umschwung der Meinungen vollzogen. Abgesehen von den vortrefflichen älteren Arbeiten Favre's, haben, um nur von Europa zu sprechen, Heim, Baltzer, Mojsisovics u. A. in den Alpen, Paul in den Karpathen, Credner im Erzgebirge, Lossen im Harz, M'Pherson in Spanien und viele Andere so wesentlich zu einer richtigeren und auf eine weitere Erfassung der Thatsachen begründeten Auffassung des Baues der grossen Kettengebirge beigetragen, dass es überflüssig geworden ist, auf eine Widerlegung der älteren Meinungen von der Erhebung der Gebirge einzugehen. Andererseits muss zugestanden werden, dass die neueren Anschauungen über die Bildung der Gebirge durch allgemeine Bewegungen, welchen gegenüber alle Felsarten in gleichem Maasse passiv sind, dennoch erst in ihren Grundsätzen feststehen. Die Einzelheiten der Vorgänge durch eine genaue Prüfung und Vergleichung einzelner Fälle zu ermitteln, ist die Aufgabe der nächsten Jahre. Jede genaue Untersuchung des Wesens irgend einer bestimmten Dislocation, jede gewissenhafte Darstellung irgend eines grösseren künstlichen Aufschlusses, wie das Gotthard-Profil von Stapff oder das Bötzberg-Profil von

Moesch, gewinnt hiedurch erhöhtes Interesse, und dankbar wendet man sich auch dem grossen Schatze älterer Beobachtungen von Neuem zu. So anerkenne ich hier gerne die vielfache Anregung, welche mir aus v. Carnall's nun bald fünfzig Jahre altem Buche über die Sprünge im Steinkohlengebirge zu Theil geworden ist. Ich nehme auch keinen Anstand, zu gestehen, dass bei allem Interesse für die vielfachen Versuche, die Erscheinungen des Bruches oder der Faltung künstlich hervorzubringen, mir für den Augenblick die Untersuchung entscheidender Punkte in der Natur selbst von weit grösserer Wichtigkeit erscheint. Der Querschliff irgend eines Brockens von gefaltetem Schiefer oder der genaue Riss irgend eines bergmännischen Aufschlusses, etwa wie Köhler's Skizzen aus dem westphälischen Steinkohlengebirge, führt uns unmittelbar dem Verständnisse einer Reihe von mechanischen Vorgängen näher, welche früher nur selten die verdiente Aufmerksamkeit gefunden haben.[1]

Die sichtbaren Dislocationen in dem Felsgerüste der Erde sind das Ergebniss von Bewegungen, welche aus der Verringerung des Volums unseres Planeten hervorgehen. Die durch diesen Vorgang erzeugten Spannungen zeigen das Bestreben, sich in tangentiale und in radiale Spannungen und dabei in horizontale (d. i. schiebende und faltende) und in verticale (d. i. senkende) Bewegungen zu zerlegen. Man hat daher die Dislocationen in zwei grosse Hauptgruppen zu trennen, von welchen die eine durch mehr oder minder horizontale, die andere durch mehr oder minder verticale Ortsveränderungen grösserer oder geringerer Gebirgstheile gegen einander erzeugt worden ist.

Es gibt weite Gebiete, in welchen die erste, und andere, in welchen die zweite Gruppe vorherrscht, und es gibt auch Strecken, in welchen beide gemeinsam erscheinen und ein innerer Zusammenhang zwischen beiden erkennbar ist, in welchen daher die räumliche Zerlegung eine minder vollständige gewesen ist. Dieser wesentliche Unterschied in den Bewegungen der Lithosphäre ist aus einer Vergleichung der Structur der alten Welt deutlich erkennbar; er ist auch den amerikanischen Geologen nicht entgangen. Die geologische Provinz des Great Basin, sagt Clarence King, hat zwei verschiedene Typen dynamischer Thätigkeit

erlitten: eine, in welcher sichtlich tangentialer Druck der hauptsächliche Factor war, und welcher Contraction und Faltung erzeugte, wahrscheinlich in postjurassischer Zeit; einen anderen von streng verticaler Thätigkeit, wahrscheinlich innerhalb der tertiären Epoche, in welcher wenig Beweise oder Spuren von tangentialem Drucke vorhanden sind.[2]

Unsere Fachgenossen jenseits des Oceans sind sogar um ein gutes Stück weiter gegangen. Schon im Jahre 1875 sprach Gilbert bei der Vergleichung der gefalteten Appalachien mit den gesenkten Basin Ranges die Vermuthung aus, dass in den Appalachien die bewegenden Ursachen oberflächlich, in den Basin Ranges tiefliegend seien.[3] Wir werden Gelegenheit haben, aus dem Verhalten der Alpen gegen ihr nördliches Vorland zu entnehmen, bis zu welchem Grade diese Vermuthung in Europa Bestätigung findet. Es mag jedoch schon an dieser Stelle erwähnt werden, dass in der Regel nur die Dislocationen der zweiten Gruppe von vulcanischen Ausbrüchen begleitet sind.

Aus diesen allgemeinen Betrachtungen ergeben sich die Grundsätze, nach welchen die Terminologie der Gebirgsstörungen zu ordnen ist.

A. Dislocation durch tangentiale Bewegung.

Wir beginnen nun mit jenen Bewegungen, welche aus tangentialen Spannungen hervorgehen.

Die einfachste und unmittelbarste Folge einer annähernd horizontalen Bewegung der obersten Theile der Erde ist das Entstehen langer Falten, deren Sättel eine Strecke weit hinstreichen, dann allmälig verflachen und durch andere Sättel abgelöst werden, welche parallel und mehr oder minder abwechselnd stehen. Wohl mag auch einmal ein Sattel sich in spitzem Winkel spalten. Solche Falten werden gestaut durch entgegenstehende Hindernisse, und ihr Streichen krümmt sich dann im Sinne der allgemeinen Bewegung nach vorwärts. Der mittlere Theil des Juragebirges ist ein seit lange bekanntes, treffliches Beispiel für diesen Fall.

Faltung erscheint in den verschiedensten Formen und in den verschiedensten Felsarten und Höhen. In den gebänderten

Menilit-führenden Schiefermassen, welche in Mähren den äusseren Saum des westlichen Endes der Karpathen begleiten, sieht man Faltungen von der Regelmässigkeit eines schematisirten Modells. Wer die Wände des Axenberges an dem Vierwaldstättersee gesehen hat, wird erstaunt gewesen sein über die unentwirrbare Verknetung der Kalkbänke. Auf Höhen, welche die höchsten Gipfel der Alpen weit überragen, treten im Himalaya gewaltige



Fig. 7. Gefalteter Menilitschiefer. Wolfsgraben bei Nikolschitz, Mähren.

Falten auf. Der Faltenbau der Appalachien ist in seiner grossartigen Einfachheit der Ausgangspunkt von wichtigen tektonischen Arbeiten in Amerika schon zu einer Zeit gewesen, als in Europa noch jeder grössere Faltensattel als eine selbständige Erhebungslinie angesehen wurde.

Staut sich die faltende Masse in sich selbst, so thürmt sie sich zu Luftsätteln auf, welche wohl auch gegeneinander geneigt sein mögen. Die Luftsättel, welche Kauffmann vom Pilatus, Escher

vom Säntis, v. Richthofen vom Formarinsee in Vorarlberg, Lotti in den Apuanischen Alpen beschrieben haben, zeigen verschiedenartige Abänderungen dieser Erscheinung.

Es ist ganz richtig, dass, wie Heim hervorhebt, bei gleicher Bewegung Falten entstehen können, welche nach entgegengesetzten Himmelsrichtungen geneigt sind, dass also z. B. in einem nach Nord bewegten Gebirge nach Nord geneigte und auch

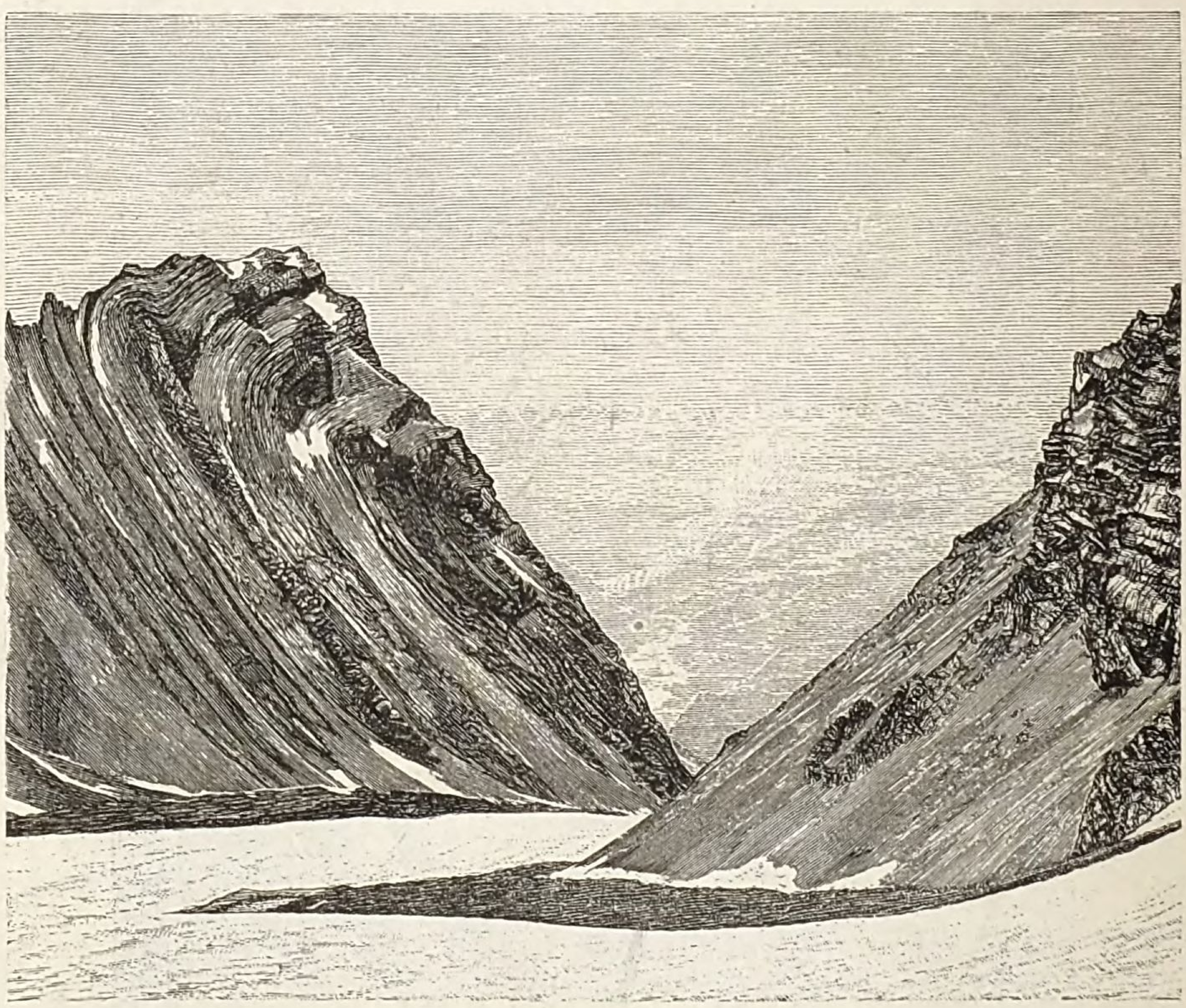


Fig. 8. Ueberbogene Falte auf der Höhe des Mamrang-Passes, Himalaya. Nach einer von F. Stoliczka mitgetheilten Photographie.

nach Süd geneigte Falten auftreten können, und wohl eben so richtig, dass als der erste Anlass für die Neigung eines solchen Luftsattels die Höhe des Fusspunktes der Faltung angesehen wird.[4] Aber die Erfahrung lehrt, Thurmann hat es vor Jahren im Jura gezeigt und Heim selbst bestätigt es an vielen Stellen seines inhaltsreichen Werkes, dass die übergrosse Mehrzahl der geneigten Falten eine und dieselbe Neigung hat, so zwar, dass der Scheitel der Falte gegen aussen, die folgende Mulde gegen innen, in dem

grössten Theile der Alpen also der Sattel gegen Nord, die Mulde gegen Süd gerichtet ist. Dieser Umstand ist es auch, welcher der von B. Studer ausgesprochenen Regel zu Grunde liegt, dass die C-förmig gekrümmten Schichten in den Schweizer Alpen die offene Seite nach aussen kehren. Das grösste und merkwürdigste Beispiel von Einfaltung und Ueberfaltung bieten die von Heim und Baltzer so eingehend dargestellten Beziehungen der Trias und des Jurakalkes zum Gneiss an dem Nordabhange der Finster-Aarhorn-Masse.[5]

Der Gipfel der Jungfrau besteht 800 M. hoch aus überschobenem Gneiss; unter demselben sind die schroffen Abstürze

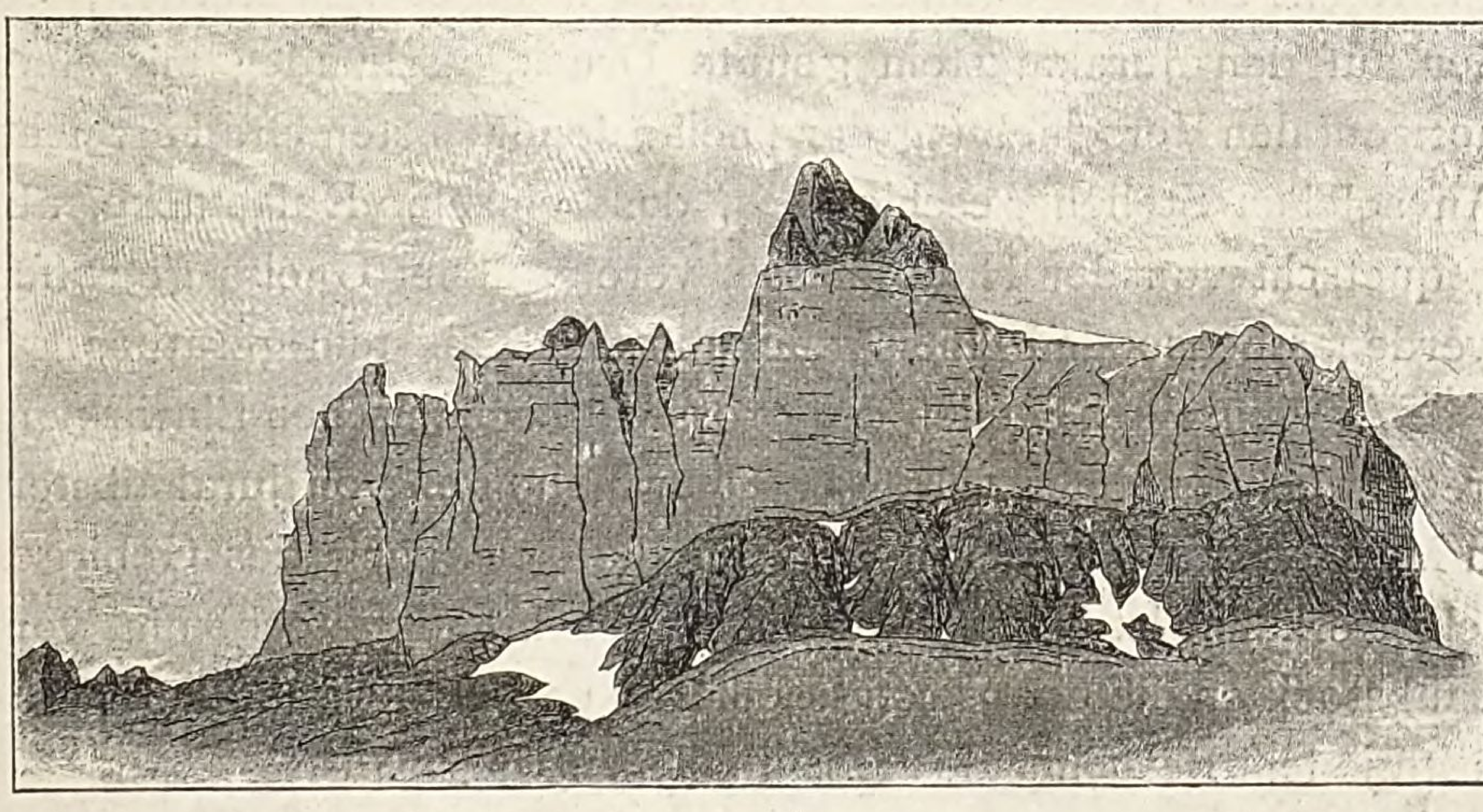


Fig. 9. Gipfel des Gstelli-Hornes, Masse des Finster-Aarhorn, gesehen vom Laucherli.
Zwei Gneissbänder, von welchen eines die Spitze des Hornes bildet, und zwei von Trias eingefasste Bänder von Jurakalk.

der Nordseite aus jurassischem Kalkstein gebildet, welcher in zwei grossen synklinalen Falten eingeknetet ist in den Gneiss, und unter den Wänden von Jurakalk tritt wieder der Gneiss hervor. Der höher liegende der beiden jurassischen Keile dringt aber, sich fortwährend verengend, 3 Km. tief in die Gneissmasse ein, während der tiefere stumpf endet. Es setzt sich ostwärts an dem ganzen Nordabhange des grossen Gebirgsstockes unter verschiedenen Abänderungen diese Ueberfaltung fort. Herr Baltzer hat die Güte gehabt, mich von Hof bei Meyringen auf den Urbachsattel unter dem Gstelli-Horn zu führen, wo fünf liegende Falten von Gneiss, zum Theile von Triasformation umgürtet, in den

Jurakalk eingreifen. Das steile, durch Erosion abgetrennte Gstelli-Horn besteht aus einer Kuppe von Gneiss, welche ein Theil des obersten, fünften Gneisskeiles ist, unter dieser Kuppe aus einer eingefalteten Masse von Jurakalkstein, welche schroffe Wände bildet und an deren oberer und unterer Grenze Baltzer Spuren der Triasformation fand, dann unter diesen Wänden wieder aus Gneiss, nämlich aus einem Theile des vierten Keiles. Es ist eine Stelle von wunderbarer Klarheit, und Baltzer's Darstellung gibt ein vortreffliches Bild von den hier in all' ihrer Grossartigkeit vor das Auge gerückten Knetungen der festesten Felsarten.

An den Enden der langen und schmalen Kalkfalten, welche mit Recht als ‚ausgewalzte‘ Synklinalen angesehen werden, hat der auf den Jurakalkstein geübte Druck, verbunden mit einer horizontalen Verschiebung der Theile, den höchsten Grad erreicht. An solchen Stellen geschieht es, dass einzelne Kalkstücke, abgequetscht von der Hauptmasse, vereinzelt im Gneiss getroffen werden. Ebenso sind Gneissstücke in den Kalkstein gerathen.

An denselben Stellen der grössten mechanischen Einwirkung treten auch jene merkwürdigen Umwandlungen von Jurakalkstein in Marmor auf, als deren Ursache die Bewegung des Gebirges selbst erkannt ist. Das Ende einer solchen Kalkfalte kommt vom Laubstock an die Grimselstrasse herab und ist dort auf das Leichteste jedem Besucher des Haslithales zugänglich.

An allen diesen ausserordentlichen Erscheinungen, insbesondere an der Auswalzung der Kalkkeile, scheint der Vorwärtsbewegung des hangenden Gebirges der wesentlichste Theil zuzufallen.

Schon vor vielen Jahren hatten aufmerksame Beobachter der Faltungen im Juragebirge, wie Gressly, wahrgenommen, dass bei stärker geneigten Falten das Bestreben hervortrete, nach einer der Axe des Sattels entsprechenden Fläche sich zu theilen, worauf dann die Ueberschiebung des hangenden Theiles auf dieser Theilungsfläche erfolgt. In gleicher Weise hatte H. D. Rogers aus seiner Untersuchung der Appalachien die Regel gewonnen, dass bei Ueberstürzung einer Falte der normal gelagerte Flügel über den umgestürzten, also der hangende über den liegenden Flügel hinauf bewegt wird.[6] Ist die ursprüngliche Falte nordwärts

geneigt und die Bewegung des Gebirges gegen Nord gerichtet, so neigt sich die Theilungsfläche gegen Süd.

Man sieht nun, dass in gewissen Gebirgstheilen diese Erscheinung nicht vereinzelt auftritt, sondern in mehreren parallel hintereinander streichenden Faltensätteln sich wiederholt. Die Folge ist eine ganz eigenthümliche Structur des Gebirges. In dem ursprünglichen, geneigten Faltensattel zeigte der liegende Theil die verkehrte, der hangende die normale Reihenfolge der Schichten. Indem nun durch die Ueberschiebung der liegende, das ist der überstürzte Flügel dem Auge gänzlich entzogen wird, bleiben hintereinander nur die hangenden Flügel mit gegen das Innere des Gebirges, bei nördlicher Bewegung also südwärts geneigter, doch normaler Schichtfolge sichtbar, so dass, um eine von Albrecht Müller in Basel gebrauchte Bezeichnungsart zu wiederholen, man, gegen das Innere des Gebirges gehend, die Schichtfolge trifft: a b c d e, a b c d e, a b c d e. Ein einfaches Faltengebirge aber würde ergeben: a b c d e d c b a b c d e d c b a, u. s. w.

Es wird diese Erscheinung weiterhin als die Schuppenstructur bezeichnet werden.

In ausgezeichneter Weise ist die Schuppenstructur, wie Bittner nachgewiesen hat, in dem östlichsten Theile der Kalkzone der Alpen, in Niederösterreich, entwickelt. Die langen Streichungslinien haben hier bereits die nordöstliche Richtung der Karpathen angenommen, und dieselbe Schichtfolge wiederholt sich wieder und wieder, stets nach Süd oder nach Südost geneigt. ‚Man wird,' sagt Bittner, ‚die aufeinanderfolgenden Schichtwiederholungen als ebenso viele Hangendflügel schiefer oder liegender Falten aufzufassen haben, deren antiklinale Axen bei weiter fortschreitender Entwicklung der Falten gerissen sind, wodurch die Hangendflügel übereinandergeschoben, die liegenden Flügel dagegen sammt und sonders verdrückt wurden.'[7]

Derselbe Bau ist auch in anderen Theilen der Ostalpen in mehr oder minder ausgeprägter Weise anzutreffen, und er wiederholt sich unter eigenthümlichen Umständen im östlichen Jura gerade an der Stelle der grössten Stauung gegen den Schwarzwald. Die regelmässigen Falten des Juragebirges strecken sich in weitem Bogen von West und Südwest her. Der Einfluss des Schwarz-

waldes wird nach Albr. Müller östlich von einer Linie bemerkbar, welche vom Westrande des südlichen Schwarzwaldes gegen Süd über Kandern und Lörrach, östlich von Basel, längs der Birs, an dem westlichen Absturze des Gempen-Plateau vorbei gegen Nunningen gezogen würde. Oestlich von dieser Linie liegt eine Zone von jurassischen Ablagerungen ohne Faltung, mit flachem südlichen Fallen gleichsam auf der Schulter des südlichen Schwarzwaldes; dies ist der Tafeljura. Südlich von diesem Tafeljura streicht der gefaltete Kettenjura.

Von Nunningen an über Bretzwyl und Reigoldtswyl ist nun nach demselben Beobachter der nördliche Theil des Kettenjura 1 bis 1½ Km. weit auf den Tafeljura, und zwar zumeist der Rogenstein des mittleren Jura auf den flach gegen Süd geneigten

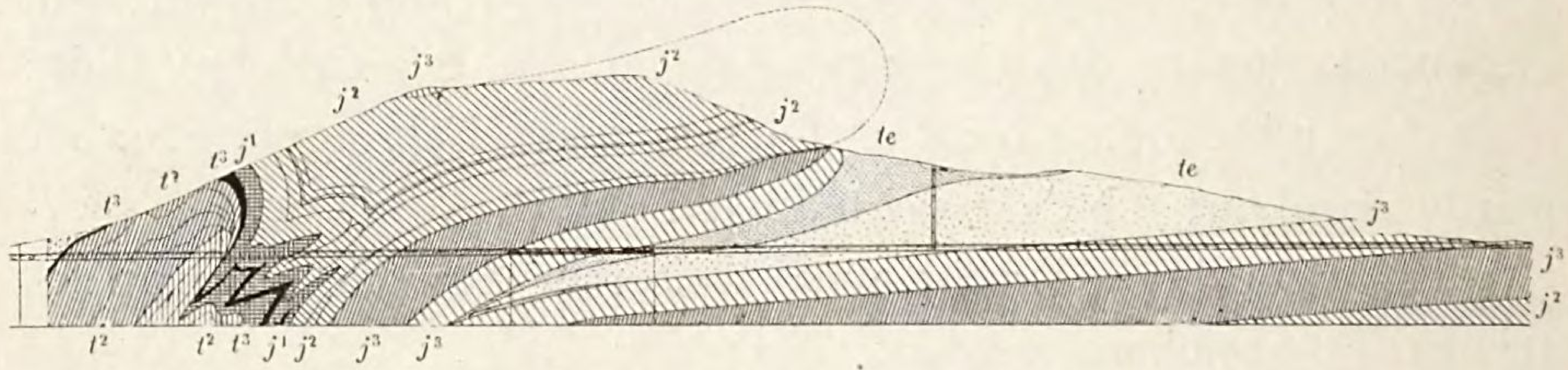


Fig. 10. Der Bötzberg-Tunnel (nach Moesch).
Einklemmung der miocänen Schichten zwischen den überwölbten Kettenjura und den flach südwärts geneigten Tafeljura.
t^1, t^2, t^3 = Triasformation; j^1, j^2, j^3 = Juraformation; *te*, *te* = eingefaltete Miocänschichten.

weissen Jura hinaufgeschoben, während südlich von dieser Ueberschiebung, namentlich in der Nähe des grossen Hauensteiner Tunnels, hintereinander drei bis vier Muschelkalkgräte mit beständigem Südfallen erscheinen.[8]

Die vorzüglichen Arbeiten, welche Moesch über diesen Theil des Juragebirges geliefert hat, gestatten nun, mit grosser Deutlichkeit die allmälige Veränderung des Baues im Streichen, d. i. gegen Nordost zu verfolgen. An den Saalhöfen unter der Gaisfluh, östlich von Oltingen, und von da an über Densbüren und bis an die Aare sieht man allenthalben den nördlichen Rand des Kettenjura als ein von Süd her nordwärts überworfenes Gewölbe, folglich mit überstürzter Schichtfolge sich auf den Rand des Tafeljura legen, wobei die miocäne Molasse in einem langen Streifen eingeklemmt ist zwischen das von Süd her überschobene Gewölbe und den von Nord her flach abdachenden Tafeljura.

Der Bötzberg-Tunnel durchfährt von Süden her das ganze überstürzte Gewölbe von Trias und Jura, gelangt dann in die eingekeilte Zone von miocänen Ablagerungen und durch diese endlich in die flach gelagerten höchsten Juraschichten des Tafelgebietes. [9]

Die Ueberstürzung des nördlichen Randes des Kettenjura setzt sich auch über die Aare fort. Die südwärts geneigten Bänke des Muschelkalkes durchqueren bei Bad Schinznach (*t*², Fig. 11) den Fluss und streichen dann aufwärts zur Höhe des Wülpelsberges, wo ihre aufgerichteten Köpfe die ehrwürdigen Reste der Habsburg

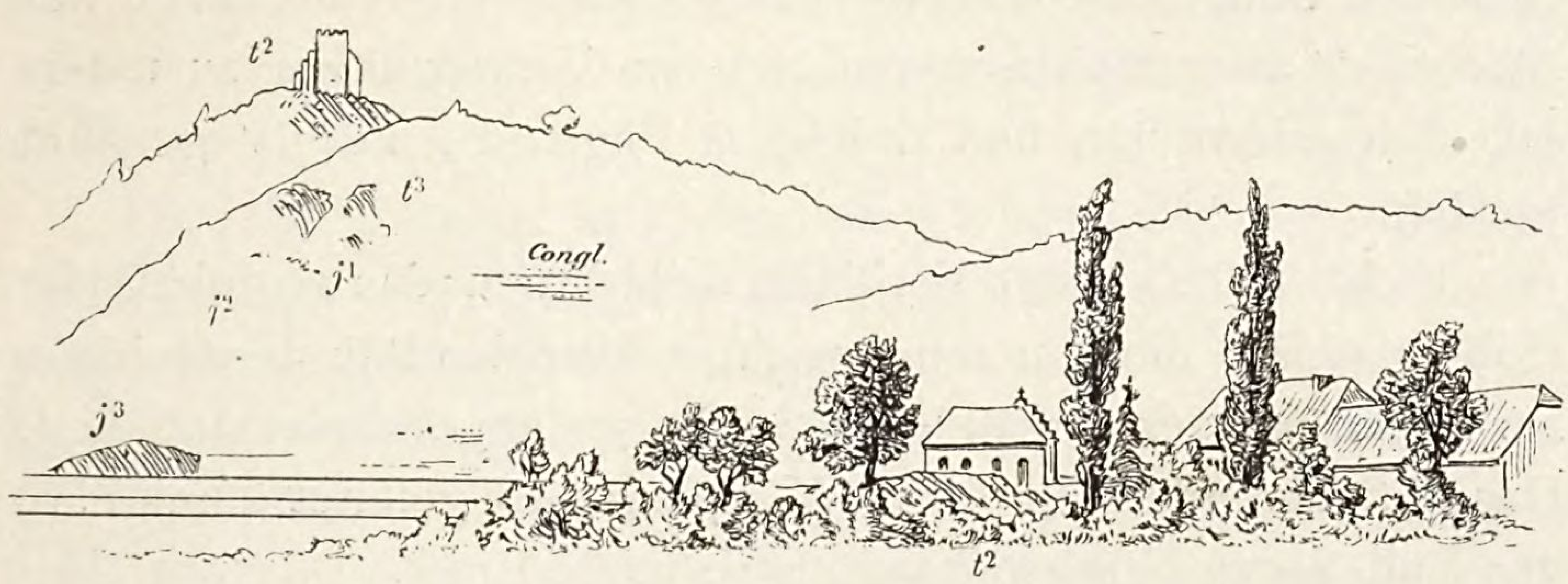


Fig. 11. Die Habsburg.
t^2 = Muschelkalk; t^3 = Keuper; j^1, j^2, j^3 = Juraformation.

tragen. Sie führen Placodus und Myophoria; der Thurm der alten Veste steht auf ihrer höchsten Kante. Unter dem Muschelkalke, durch eine steile, bewaldete Lehne von demselben getrennt, befinden sich Brüche in Keupergyps (*t*³, Fig. 11); diesen unterlagert der dunkle Kalkstein des unteren Lias. Im Wiesengrunde darunter trifft man lose Blöcke von Rogenstein und noch tiefer, am Fusse des Berges, sind die Bänke des weissen Jura aufgeschlossen, welche, 60° nach Süd geneigt, diese ganze Schichtenfolge unterteufen. [10]

Während so die Ueberstürzung des Nordrandes anhält, erlangen im Innern des Kettenjura die Falten mehr und mehr ihren normalen Bau wieder, welchen die innerste südlichste Zone auch an der Stelle der stärksten Entwicklung der Schuppenstructur nicht verloren hatte.

Die langen Falten der jurassischen Ketten zeigen also an der Stelle der grössten Annäherung an den Schwarzwald auf

eine kurze Strecke hin jene Ueberschiebung der Hangendflügel, welche für die Schuppenstructur bezeichnend ist, und jenseits der Region der Stauung hört diese Erscheinung wieder auf. Der nördliche Rand des Kettenjura bleibt aber auch weiterhin überworfen, und der innere Rand gibt seinen regelmässigen Faltenbau auch in der Region der Schuppenstructur nicht ganz auf.

Wir werden die Schuppenstructur in Südtirol und an anderen Orten wieder antreffen.

Vergleicht man nun diese Vorkommnisse mit den Erfahrungen der Bergleute, so wird es klar, dass sie nichts Anderes sind als dieselben Ueberschiebungen, welche man unter den Namen der ‚Wechsel‘ oder ‚Schlächten‘ von den Verwerfungen zu unterscheiden gelernt hat, und welche in England ‚Creeps‘ genannt werden.

Es ist das besondere Verdienst Köhler's, für das westphälische Kohlengebirge die neueren Ansichten über den Bau der Gebirge zur Erklärung der vorhandenen Störungen angewendet zu haben. Das flötzführende Gebirge in Westphalen ist gefaltet durch eine von Süd gegen Nord wirkende horizontale Kraft.

‚Unter Wechsel oder Ueberschiebung,‘ sagt Köhler, ‚versteht man im Allgemeinen eine solche Störung des Gebirges, bei welcher ein Flötz im Hangenden der ersteren höher liegt als im Liegenden. . . .‘ Die Wechsel treten in Westphalen immer streichend auf und haben das Einfallen der verschobenen Flötztheile, nur etwas stärker. Die saigere Grösse der eingetretenen Niveauveränderung des Flötzes steigt in einem Falle auf 500 M. Die grösseren Wechsel fallen gegen Süd; es kommen jedoch Ausnahmen vor, welche gegen Nord fallen. Die Wechsel sind nichts Anderes als ‚die höchste Potenz der Faltung‘.

Hienach vergleicht Köhler die Wechsel mit Heim's Darstellungen von überschobenen Gebirgsfalten.[11]

Aus den vereinten Beobachtungen von Wimmer, Groddeck, Stelzner und Köhler ist festgestellt, dass die berühmte Lagerstätte des Rammelsberges bei Goslar auf einem solchen Wechsel, auf einer Ueberschiebung des unterdevonischen Spiriferen-Sandsteins über mitteldevonische Schiefer liege, und dass die eigenthümliche Gestalt der Lagerstätte darin ihren Grund hat, dass das

Erz selbst an den Bewegungen des Gebirges theilgenommen hat. Die Art der vorkommenden Faltungen, Einklemmungen und der Auswalzungen des Erzlagers bis zu einem blossen Bestege erinnert in jeder Beziehung an die grossen Vorkommnisse der Finster-Aarhorn-Masse.[12]

Es sind einzelne Fälle bekannt geworden, in welchen die horizontale Ueberschiebung so weit reicht, dass ziemlich ausgebreitete Lappen älterer Schichten, oft sogar durch spätere Erosion abgetrennt, auf jüngeren Schichten getroffen werden. Zu den weitgehendsten Abweichungen von normaler Lagerung scheinen in dieser Richtung die Störungen zu gehören, welche M. Bertrand vom äusseren Rande des Juragebirges zwischen Besançon und Salins beschrieben hat.[13] —

Das regelmässige Streichen der Gebirgsfalten ist zuweilen durch eine plötzliche S-förmige Beugung und durch das Vorwärtstreten eines Gebirgstheiles gegen den anderen unterbrochen. Noch häufiger sieht man einen steilfallenden Bruch, welcher beide Gebirgstheile quer auf das Streichen trennt. Diese oft beträchtliche Verschiebung einzelner Gebirgstheile gegen einander ist ohne Zweifel durch eine ungleichmässige Bewegung der Massen hervorgebracht, und zuweilen sieht man, dass die Falten auf einer Seite der trennenden Fläche weit gedrängter oder weit mehr geneigt sind, Wechsel zu bilden, als auf der anderen.

Diese Flächen haben eine ausserordentliche Bedeutung für das Verständniss der Entstehung der Faltengebirge.

Als im Jahre 1854 der edle und unvergessliche Escher mir den Faltenbau des Säntis erläuterte, wies er nachdrucksvoll auf eine kleine Wand in der Nähe des Wildkirchli, welche einer quer die Falten durchschneidenden Kluft anzugehören schien. Als er im Jahre 1857 zu Trogen vor der naturforschenden Gesellschaft die sechs Falten des Säntis beschrieb, sagte er: ‚Während man in der Längenrichtung dieses Gebirges keinen Spalten *(failles)* begegnet, so zeigen sich dagegen Querrisse, die oft das ganze Gebirge durchsetzen, wie vom Wildkirchlein bis zum Rheinthale. Bei diesen Querspalten beobachtet man auch die Politur der gesprengten Felsflächen, sowie auch Dislocation derselben.‘

In sein Tagebuch schrieb derselbe bei Besuch des Rasenäuli: ‚Dieses Valangien (des Bogarten-Furkeli) nebst dem Neocom zeigen eine Menge horizontal laufender Rutschflächen, und es ist nicht ohne grosse Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass dieser Grat mit seinen Rutschwänden blos ein Glied einer langen nordsüdlich laufenden Verwerfungskluft sei, auf der auch die Wildkirchlein-Bommen-Faille, das Stifelpässchen und der Krinnenpass (Fählen-Saxerweg) sich befinden.‘ [14]

Heben wir nun aus diesem ersten Beispiele hervor: den Verlauf gegen Nord (ein wenig in West) quer auf alle Falten, die Länge der Linie und die horizontale Streifung der Rutschwände; hiemit sind drei Hauptmerkmale ähnlicher Flächen gegeben.

Die Arbeiten Jaccard's über den Waadtländer und Neuenburger Jura lassen das Vorhandensein einer weit wichtigeren Querlinie dieser Art in jenem Gebiete erkennen. Vom Südrande des Gebirges aus, knapp an dem nordöstlichen Ende des Lac de Joux vorüber und von dort über Hôpitaux nordwärts bis gegen Pontarlier ist eine Beirrung des Verlaufes der Falten des Juragebirges sichtbar, welche im Süden am heftigsten ist und nordwärts sich zu verlieren scheint. Sie ist im Süden ausgezeichnet durch das Auftreten kurzer, von Süd gegen Nord streichender Ketten, von welchen Jaccard im Jahre 1869 im Zweifel blieb, ob sie als selbständige Glieder oder nur als Ablenkungen der westlich von der Störung liegenden Falten anzusehen seien. Nach allen seitherigen Erfahrungen ist wohl die zweite Auffassung als die richtige zu bezeichnen und sind demnach an dieser grossen nordsüdlichen Verschiebungslinie die inneren Falten des Juragebirges quer auf das Streichen geschleppt.

Der östliche Theil des Gebirges ist weiter nach Nord getreten als der westliche.

Am Säntis ist das Streichen der Falten Nordost, jenes der Querlinie Nord, ein klein wenig in West; hier ist ebenfalls das Streichen der Falten Nordost, jenes der Querlinie ist Nord. Es soll noch eine lange zweite Linie westlich von dieser vorhanden sein, welche von Les Tuffes und La Chaille (südlich von dem kleinen Lac des Rousses) weit hinaus in die Richtung von Salins,

also mehr gegen Nordnordwest verläuft, aber es fehlen mir nähere Angaben über dieselbe.[15]

Die Verschiebung, welche quer auf das Streichen in der Gegend des oberen Thunersees eintritt, habe ich bereits an anderer Stelle nach Studer's Beobachtungen angeführt, sowie die Verschiebung einzelner Theile der Molasse gegen einander, welche Kauffmann zwischen dem Thuner- und Zürichersee nachgewiesen hat.[16]

In den östlichen Alpen zeigen sich zahlreiche Verschiebungsflächen, welche, wie immer auch das Streichen des betreffenden Gebirgstheiles verlaufen mag, gegen Nord bis Nordost, sehr vorherrschend gegen Nordnordost gerichtet sind. Diese Flächen fallen steil zur Tiefe, und so beständig ihre Streichungsrichtung ist, ebenso unbeständig scheint ihr Fallen zu sein, indem es leicht aus Westnordwest in Ostsüdost übergeht. Die Flächen selbst sind oft bucklig, doch glatt geschliffen, nicht selten von horizontalen oder leicht zum Horizonte geneigten Striemen oder Furchen bedeckt, und begleitet von der bei der Bildung von solchen Harnischen so oft hervortretenden Neigung, kleinere Gebirgstheile keilförmig oder linsenförmig abzuquetschen. Im Kalkgebirge sind die Wände zuweilen ganz zusammengesetzt von den nur lose zusammengebackenen polyedrischen Bruchstücken des bei der Bewegung vollkommen zertrümmerten Gesteins und laufen die Schliffe über diese Bruchstücke hin. Im Schiefer oder in hartem Mergel geht die Abquetschung oder netzförmige Durchquerung des Gesteins mit glänzenden und gestriemten Flächen wohl auch noch viel weiter und wird jene eigenthümliche Art der Zertrümmerung erzeugt, welche man im Harze ‚Verruschelung' nennt.

Besuchen wir, von Berchtesgaden südwärts gehend, zuerst den Königssee. Wo die aus geschichtetem Kalkstein bestehende Falkensteiner Wand am weitesten in den See hervortritt, zeigt sich eine grosse und glatte, senkrechte, in Nordnordost streichende Wand, begleitet von parallelen Klüften in der Masse des Kalksteins. Jenseits des Sees ersteigen wir die mächtige Kalksteinmasse des Steinernen Meeres. Wiederholt zeigen sich während des Aufstieges die Nordnordost streichenden Flächen, so an der Quelle in der Saugasse, dann auf dem Plateau des Steinernen Meeres

selbst in dem Hohlwege oberhalb der Funtenseealpe. Die ganze Masse der Schönfeldspitze mit ihren aufgebogenen Schichten gleicht einem zwischen Nord- und Nordnordost-Klüften zerdrückten Gebirgstheile. An der Buchlauer Scharte erreichen wir die Kante des südlichen Absturzes, zugleich den Südrand der Kalkzone. Der östliche Rand der Scharte ist durch grosse und wiederholte in Nordnordost gerichtete Flächen gebildet, welche das pfeilerförmige oder coulissenartige Hervortreten einzelner grosser Theile des mächtigen Absturzes veranlassen, genau so, wie sich dies im Ennsthale am südlichen Absturze des Dachsteingebirges zeigt.

Auf der Buchlauer Scharte umgeben uns starre Wände von weissgrauem Kalkstein; tief unter diesen Wänden breitet sich ein gerundetes, grünes Bergland aus. Das ist das paläozoische Schiefergebirge des Mitter-Pinzgau; erst in grösserer Entfernung, gegen Zell und Taxenbach, erhebt es sich zu beträchtlicheren Höhen, und über diesen ist die zackige Linie der Tauern sichtbar.

Wir durchqueren dieses Schiefergebirge.

In dem Gneiss der Tauern befinden sich jene goldführenden ‚Gangstreichen', welche der Stammort des ‚Goldes der Taurisker' sind und durch Jahrhunderte der Anlass zu einem reichen und hochberühmten Bergbaue waren. Diese goldführenden Gangstreichen oder Blätter sind sehr zahlreich und mit sehr wenigen Ausnahmen streichen sie gegen Nordnordost oder Nordost und treten hiebei wohl auch maschenförmig aneinander. Zwei Zonen oder Bündel solcher Blätter sind besonders bemerkenswerth, nämlich auf der 1700 M. langen, gegen Nordnordost laufenden Linie des Rathhausberges, und auf der nur um ein Geringes mehr gegen Ost streichenden Linie Erzweise-Bockhardt-Siglitz, welche mit ihrer südlichen Fortsetzung jenseits des Gletschers sich auf 7 Km. verfolgen lässt. In verticaler Richtung sind diese Blätter bis auf 1500 M. verfolgt.

Die ausführlichste Beschreibung derselben hat in neuerer Zeit F. Posepny gegeben. Dieser Beobachter sieht in ihnen örtliche Verschiedenheiten in der horizontalen Bewegung der Gebirgsmasse: ‚Es lag in diesem Processe nicht so sehr die Bildung einer S p a l t e oder eines Risses zur Tendenz, als vielmehr eine

Verschiebung des Gesteinsmediums.‘ Bei diesem Vorgange sind nicht ganz lineal-gerade und auch nicht ganz ebene, sondern krummflächige Risse erzeugt worden. Bei der horizontalen Bewegung wurden an den ausgebauchten Stellen jene Reibungsproducte erzeugt, welche zwischen Harnischen und Rutschflächen die Blätter begleiten. In der Nähe des Bockhardt treten die Blätter auch in den Kalkstein über. [17]

Wir verlassen dieses in seinen Einzelheiten höchst lehrreiche Gebiet und wenden uns noch weiter gegen Süd, zu dem Gebirge der Umgebung von Raibl. Eine mächtige und wohlgegliederte Serie von Triasablagerungen ist hier vorhanden. Sie neigt sich regelmässig gegen Süd. Ein Glied derselben, der erzführende Kalk, welcher die ganze Masse des Königsberges bildet, enthält Lagerstätten von Bleiglanz und Galmei. Schwarzer fischführender Schiefer überlagert den erzführenden Kalk.

Auch von diesen Lagerstätten hat Posepny eine Monographie geliefert, welche zeigt, dass der Bleiglanz auf einer Reihe von Blättern oder Sprüngen auftritt, welche ein nahezu nördliches Streichen besitzen und zu einer Anzahl von Zonen verbunden sind. Diese Klüfte, sagt Posepny, sind mit einem feinen Schnitt ins Gestein zu vergleichen, und nur selten entstehen aus denselben förmliche Spalten, die theils offen, theils mit zerriebenem Gestein erfüllt sind. Die Wände sind in der Regel glatt, zuweilen mit parallelen Rinnen, wohl auch mit sich kreuzenden Systemen von Striemen bedeckt. Das Fallen wechselt und ist bald nach Ost, bald wieder nach West gerichtet, aber wo südwärts diese Klüfte die Grenze gegen den auflagernden Schiefer durchschneiden, sieht man, dass dieser Schiefer geschleppt und das ganze Gebirge nach diesen Blättern verschoben ist. Der erzführende Kalkstein tritt also im Streichen gleichsam ruckweise gegen den Schiefer vor, und die Aufschlüsse in der Grube und zu Tage haben Posepny gestattet, zu erkennen, dass an der Westseite des Thales die Summe der Verschiebungen gegen den Schiefer an den einzelnen Blättern etwa 420 M., an der Ostseite dagegen, wo die Sachlage allerdings weniger klar ist, beiläufig 760 M. erreiche. Dabei erfolgen diese Verschiebungen in solcher Weise, dass in der Tiefe des Thales, welches ebenfalls nördlich streicht, der Kalkstein am

weitesten gegen Süd steht, an jedem Abhange dagegen derselbe Kalkstein bei jeder Verschiebung mehr und mehr nach Norden tritt.[18]

Verlassen wir nun Raibl und suchen wir ostwärts das parallele Lahnthal auf. Dort zeigt sich eine weit beträchtlichere horizontale Verschiebung. Die westliche Thalseite entspricht beiläufig der Fortsetzung der Gebirge von Raibl; dann folgt, dem Hauptthale und nach seiner Gabelung südwärts seinem linken Hauptarme entsprechend, vielleicht von da durch die tiefe Scharte östlich vom Mittagskogel ins Coritenzathal sich fortsetzend, eine in Nord oder Nordnordost gerichtete Trennung des Gebirges, und was östlich von dieser Linie liegt, die Bergmassen der Prinza, des Mangart, des Jelouz und andere, ist um etwa 3—4 Km. gegen Nord gerückt.[19]

Zahlreiche weitere Beispiele könnten aus den Ostalpen angeführt werden; es mag nur noch an die gleichfalls Nordnordost streichende Verschiebungslinie von Belluno erinnert werden, welche bei Besprechung des Erdbebens von Belluno in Betracht gekommen ist.

In dem nordöstlichsten Theile der Alpen tritt eine Ablenkung von dem sonst so beständig gegen Nord, Nordnordost oder Nordost gerichteten Streichen der Blätter ein. An der Hohen Wand bei Wr.-Neustadt, wo Triaskalk über Kreideablagerung liegt, sind, wie Bittner gezeigt hat, beide von gegen Nordnordwest streichenden Flächen durchschnitten und an denselben verschoben.[20] Diese lehrreiche Kreuzung von Störungen wird an späterer Stelle besprochen werden.

In jedem Grade des Einflusses auf den Gebirgsbau lassen sich diese steilen Verschiebungsflächen in den östlichen Alpen verfolgen, von der Dislocation grosser Gebirgstheile an beiden Seiten eines Querthales bis herab zu der nur wenige Meter betragenden Verschiebung an einem erzführenden Blatte und endlich bis zur feinen, einem geraden Haarrisse gleichenden Trennungsfläche im Kalkstein, und diese letzteren Flächen scheinen im Gebirge eine ähnliche Rolle zu spielen wie die noch weit kleineren Verschiebungsflächen, welche das Mikroskop in gekrümmtem Gestein erkennen lässt.[21]

Sie fehlen auch anderen Gebieten nicht; die Medina-fault, an welcher eine Hälfte der Insel Wight gegen die andere verschoben wurde, ist dafür ein lehrreiches Beispiel. Dass diese Flächen aus der tangentialen Spannung hervorgehen, wie die Ueberschiebungsflächen, bedarf wohl keines weiteren Beweises, aber es fehlt für dieselben ein bezeichnender Name.

Köhler kennt auch Verschiebungen dieser Art aus dem Steinkohlengebirge und rechnet dieselben zu Carnall's ‚Uebersprüngen'. Ich werde für dieselben den dem Bergbaue in den Alpen entlehnten Ausdruck ‚Blätter' benützen.

Es gehen demnach aus der tangentialen Bewegung im Gebirge zweierlei Sprungflächen hervor. Die erste Gruppe bilden Ueberschiebungsflächen, Wechsel oder Schlächten, durch deren Wiederholung die Schuppenstructur entsteht, und die zweite Gruppe sind die Verschiebungsflächen, Blätter oder Uebersprünge.

Das Streichen der Wechsel entspricht dem Streichen der Gebirgsfalten und wird mit denselben abgelenkt. Das Streichen der Blätter ist mehr oder minder, doch nicht immer genau senkrecht auf das Streichen des Gebirges; es ist der Ablenkung nicht unterworfen, wie jenes der Wechsel und gibt wohl ein richtigeres Bild von den allgemeinen Bewegungen der Masse.

Jede einzelne Wechselfläche hat eine bestimmte Fallrichtung, welche an demselben Orte gegen die Tiefe anhält. Die Fallrichtung der Blattflächen ist fast immer ausserordentlich steil, mag aber gegen die Tiefe von einer Himmelsrichtung in die entgegengesetzte sich ändern und wieder in die erste zurückkehren.

Die Blätter sind weit mehr geneigt, Thalbildung zu veranlassen, als die Wechsel. Die Blätter sind zuweilen erzführend, die Wechsel sind es weit seltener.

Die Blätter gehen in ihrer normalen Gestalt aus der gleichsinnigen, aber ungleich starken Bewegung von Gebirgstheilen hervor. Der Parallelismus der Bewegung beider Theile ist öfters nur in Bezug auf die Himmelsrichtung vorhanden, während der eine Flügel weit steiler zur Tiefe ziehen mag als der andere. Dies wird insbesonders dann eintreten, wenn in Folge der stärkeren Bewegung der vortretende Flügel sich stärker faltet. Es können darum an Blättern beträchtliche Niveauverschiedenheiten eintreten, ohne

dass ein eigentliches Absinken eines der beiden Flügel, eine Verwerfung im engeren Sinne, eintrete, und bezeichnend hiefür ist, dass selbst in diesem Falle keine verticalen Striemen an den Harnischen sichtbar werden, sondern dass die Linien auf denselben sich nur leicht gegen den Horizont neigen, oder dass zwei Systeme von Linien über einander sichtbar werden, beide von verschiedener und dennoch flacher Neigung. —

Eine ausserordentlich viel grössere Verwicklung all' dieser Verhältnisse, sowohl der Blätter als der Wechsel, tritt dann ein, wenn sich in demselben Gebiete zwei verschiedene Faltungsrichtungen geltend machen.

In dem grössten Theile Europa's nördlich von den Alpen zeigen die Gebirgsketten wie im Alpensysteme selbst eine Faltung gegen Nord. Dies hindert aber nicht, dass weithin in Mittel-Europa zwei verschiedene Richtungen bemerkbar werden, von welchen die eine mehr gegen Nordost, die andere mehr gegen Nordwest streichende Falten und Gebirgszüge erzeugt hat, und welche als die niederländische und die hercynische Richtung bezeichnet werden.

Wo nur eine dieser beiden Richtungen Ausdruck findet, wie im südwestlichen Irland, wo in den Gebirgen um Killarney-Lake das Devon hoch aufgeschoben ist über den Kohlenkalk,[22] oder längs der belgischen Kohlenfelder, oder im Erzgebirge, da bleibt trotz aller sonstiger Complication der Verhältnisse der Zusammenhang der Dislocationen und der Gebirgsbewegung immerhin noch leichter erkennbar. Unvergleichlich viel schwieriger wird die Aufgabe dort, wo auf denselben Höhenzug zwei Faltungsrichtungen Einfluss genommen haben.

Nach Lossen's überaus lehrreicher Darstellung ist der Harz als ein Gebirgsknoten anzusehen, hervorgegangen aus einseitiger Faltung, welche jedoch zuerst im niederländischen, dann im hercynischen Sinne erfolgte. Zuerst wäre demnach eine Kraft aus Südost wirksam gewesen, unter deren Einfluss die ersten Grundlinien des Baues geschaffen wurden; später, nachdem diese heute noch in dem Streichen eines grossen Theiles des Gebirges erkennbaren Grundlinien vorhanden waren, und als insbesondere die grosse Granitmasse des Brockens schon mit ihrer weiten Buckelfläche

unter dem paläozoischen Schiefer und Quarzit lag, hat, nach dieser Anschauung, auf dieses mehr oder minder nordöstlich streichende Gebirge eine Kraft im hercynischen Sinne, d. i. aus Südwest gewirkt.[23]

Die Sattellinien der Falten und die Wechselflächen wurden durch diese zweite Bewegung vielfach windschief verbogen. Die Entstehung jenes grossen und merkwürdigen Systems von Gangspalten, welches in der Nähe von St. Andreasberg, also unweit von dem südlichen Ende der Granitmasse des Brocken, seinen Ursprung nimmt, und dessen strahlenförmige Anordnung Groddeck hervorgehoben hatte, wird im Zusammenhange mit diesen Vorgängen der Gebirgsbildung von Lossen als die Folge einer Torsion der Gebirgsmasse aufgefasst.[24]

Daubrée hat bandförmige Streifen von starkem Glas an den schmalen Enden in Backen gespannt und dann einer schraubenförmigen Drehung bis zu 20° unterworfen. Es zeigte sich, dass in regelmässigen Abständen von dem rechten und von dem linken Rande der Platte strahlenförmig ausgehende Bündel von Sprüngen erzeugt wurden.[25]

Die Sprünge im Harzgebirge, von welchen einzelne eine Länge von 14 Km. erreichen, sind unter wesentlich anderen Bedingungen entstanden. Es sind jene freien Ränder der Platte in der Natur nicht vorhanden, welche, wie die Versuche Daubrée's zeigen, für die Anordnung der Sprünge auf der Glasplatte massgebend sind, und, was sehr wesentlich ist, während Daubrée thatsächlich eine schraubenförmige Drehung ausführte, sind in der Natur zwei auf einander senkrechte Bewegungen gefolgt, von welchen die eine früher und die andere später eintrat, und keine dieser Bewegungen ist, für sich betrachtet, eine drehende gewesen. Dennoch besteht in der That ein gewisser Grad von Aehnlichkeit zwischen dem von St. Andreasberg ausstrahlenden Gangsystem und den auf künstlichem Wege erzeugten Bündeln von Torsionssprüngen.

Durch Kayser's Untersuchungen ist die Kenntniss von diesem Spaltensystem noch wesentlich vervollständigt worden. Hienach ist jede der grösseren Spalten von einer Dislocation des Gebirges zugleich in horizontalem und in verticalem Sinne begleitet, und diese

Dislocationen betreffen auch den Granit, welcher wie die anderen Gesteine an diesen Sprüngen verschoben wird.

Hauptlinien sind: die Oderspalte, die Ackerspalte und die Andreasberger Ruscheln.

Die Oderspalte, etwa 14 Km. lang, läuft von einer Stelle östlich von St. Andreasberg, das niederländische Streichen des Gebirges durchschneidend, gegen Nordnordwest; sie ist gegen Ost geneigt, und der Ostflügel des Gebirges ist gegen Nord und abwärts bewegt. Oestlich von dieser grossen Linie befindet sich eine Anzahl in Nordwest streichender Spalten, welche an ihr in spitzem Winkel enden; an der südlichsten derselben ist der Ostflügel merklich gegen Nord verschoben (4, Fig. 12).

Die Ackerspalte beginnt in der Nähe des Ausgangspunktes der Oderspalte und ist anfangs gegen Nordwest gerichtet; weiterhin wendet ihr Streichen mehr und mehr gegen Westnordwest, so dass sie sich immer rascher von der Oderspalte entfernt. An ihr, sowie an einer nördlich vorliegenden Parallelspalte findet eine sehr merkbare Verschiebung des Ostflügels gegen Nord, weiterhin, diesem entsprechend, des Nordflügels gegen West statt. Durch die Aenderung ihres Streichens nähert sie sich mehr und mehr der Richtung der zahlreichen und langen Clausthaler Spalten, welche in den geöffneten Raum zwischen der Oderspalte und Ackerspalte fallen (3, Fig. 12).

Ein südlich der Ackerspalte nahe gelegener kleiner Gang, auf welchem die Baue ‚Segen Gottes‘ und ‚Neues Glückauf‘ liegen, strebt in seinem Streichen dem Ausstrahlungspunkte der grossen Gänge zu und begrenzt mit der Ackerspalte einen längeren schmalen Granitstreif gegen die nordwärts von der Ackerspalte und südwärts von ihr selbst folgende Grauwacke. Ich hebe diese Linie hervor, weil an diesem Gange nicht mehr der nördliche, sondern der südliche Flügel nach abwärts bewegt ist, und das Fallen der Kluft nach Kayser wahrscheinlich steil gegen Süd gerichtet ist. Da die südlich folgende Gruppe der Ruscheln durch südliches Fallen und die Senkung der Südflügel ausgezeichnet ist, würde es nach den vorliegenden Beschreibungen den Anschein gewinnen, als stelle der besagte schmale Granitstreifen in der That einen Horst dar, von welchem das Gebirge beiderseits sich abstuft.

Die Ruscheln sind weite, von zerdrücktem Gebirge erfüllte Spalten, welche in einem keilförmigen Raume die silberreichen Gänge von Andreasberg gegen Nord, West und Süd umgrenzen. Die edlen Gänge gehen nicht über die Ruscheln hinaus; ihre Lage gegen den gemeinschaftlichen Ausstrahlungspunkt ist aus Fig. 12 ersichtlich.

Die nördliche, Neufanger Ruschel fällt nach Süd und der Südflügel sammt dem Erzrevier ist gesenkt. Auch die südlichen Ru-

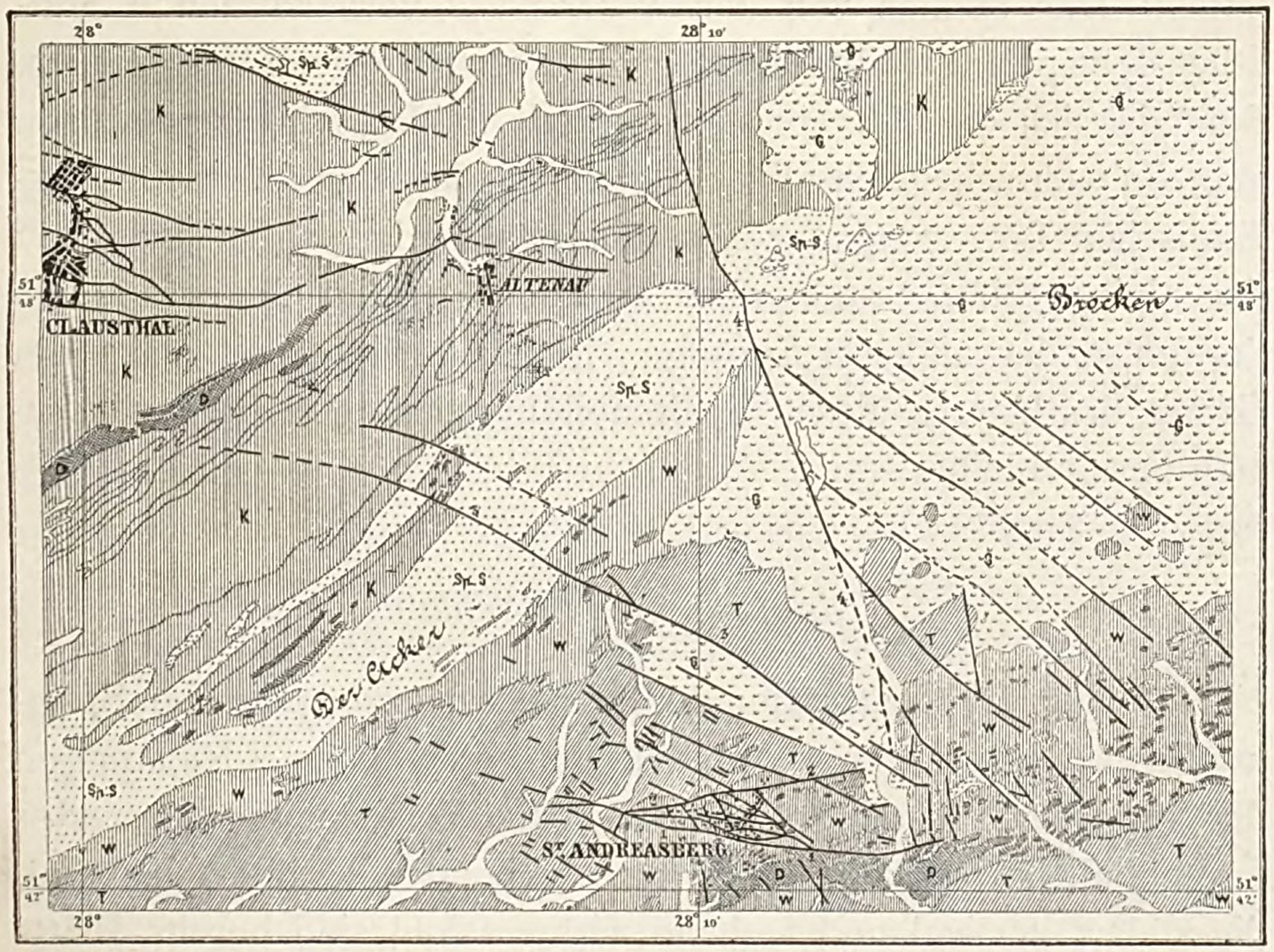


Fig. 12. Das Spaltensystem von St. Andreasberg (nach Lossen und Kayser).

T = Tanner Grauwacke; *W* = Wieder Schiefer; *Sp. S* = Spiriferen-Sandstein; *K* = Kulm; *G* = Granit *D* = Diabas.

1. Die Edelleuter Ruschel; 2. die Neufanger Ruschel; 3. die Ackerspalte; 4. die Oderspalte.

scheln fallen steil nach Süd, aber es scheint Meinungsverschiedenheit darüber zu herrschen, ob der Südflügel der südlichsten der grossen Edelleuter Ruschel gesenkt oder überschoben sei.[26]

Es ist ein sehr erfreulicher Umstand, dass eine so schöne Aufgabe, wie die Lösung der durch die zweifache Faltung und durch die strahlenförmige Anordnung der Sprünge angeregten Fragen der irdischen Dynamik, in ein leicht zugängliches Gebirge

gelegt ist, wo ausgedehnter Bergbau, gewissenhafte und ausgezeichnete Forscher und alle erforderlichen Hilfsmittel in einer Weise vorhanden sind, welche hoffen lässt, dass hier noch weitere wesentliche Fortschritte für das Verständniss des Gebirgsbaues im Allgemeinen werden gewonnen werden. Für jetzt mag man recht wohl in den östlich von der Ackerspalte gesammelten Thatsachen die Spuren einer grossen Schraubenanlage erkennen, und man mag allerdings, wie gesagt, einige Aehnlichkeit zwischen der Ausstrahlung der Gänge und den Sprungbündeln Daubrée's finden. Das südlich von der Ackerspalte vorherrschende Südfallen der Spalten bleibt schwerer vereinbar mit diesen Vergleichen. Befände sich die Oderspalte vereinzelt in den Alpen, so würde man sie wahrscheinlich als ein normales Blatt der älteren niederländischen Bewegung ansehen. Die Beständigkeit im Streichen der alpinen Blätter steht aber im auffallendsten Gegensatze zu der Lage der anderen Sprünge. Sicher erwiesen ist, dass der Granit des Harzes diesen Spaltenbildungen gegenüber vollkommen passiv bleibt. —

B. Dislocation durch Senkung.

Die aus der Contraction der Erdmasse hervorgehenden Spannungen zeigen, sagten wir, die Neigung, sich in zwei Richtungen der Bewegung zu zerlegen, von welchen die eine mehr oder minder tangential, horizontal, faltend, verschiebend oder überschiebend, die andere vertical und senkend wirke. Wohl sind bereits Blattflächen angeführt worden, an welchen die Gleitlinien auf den Harnischen sich abwärts neigen und an welchen nicht unbeträchtliche verticale Dislocationen eintreten mögen, aber die anregende und bestimmende Kraft ist doch auch in diesen Fällen die horizontale Componente gewesen. Es wird nun um der Deutlichkeit der Darstellung willen zu empfehlen sein, dass wir die bisher verfolgte Reihe von Beispielen unterbrechen, um die äussersten Fälle der zweiten Gruppe von Dislocationen kennen zu lernen, und um von diesem Extrem allmälig zurückzukehren zu jenen verwickelten Störungen des Gebirges, in welchen beide Componenten wirksam waren oder noch sind.

Die Erfahrung lehrt, dass man von einer radialen Spannung nicht sprechen sollte, sofern man nur die Störungen in dem Baue des äusseren Felsgerüstes im Auge hat. Ein activer Zug nach abwärts ist in der ganzen umfangreichen Gruppe von Dislocationen, welche ich jetzt zu besprechen versuchen will, nicht sichtbar. Wo die tangentiale Bewegung fehlt, lassen sich die vorhandenen Dislocationen ungezwungen durch das Weichen der Unterlage und durch die Schwerkraft erklären. Was man sieht, sind nur verschiedenartige Formen von passiven Einsenkungen und Einstürzen. Es bleibt der Eindruck, als wirke die radiale Componente in grösserer Tiefe, und als würden hiedurch unter einer äusseren Schale Räume geschaffen, welche gestatten, dass grosse Theile der äusseren Schale in dieselben hinabsinken.

Diese Auffassung ist nicht neu; man begegnet derselben unter verschiedenen Abänderungen in den neueren Schriften über Gebirgsbau; sie ist von sehr grosser Bedeutung für das Verständniss des Gefüges der äusseren Theile des Planeten, aber ihre weitere Erläuterung kann nicht an dieser einleitenden Stelle unternommen werden, deren Aufgabe vielmehr erst die Ermittlung einer bestimmteren Gruppirung und Terminologie der Dislocationen ist.

Die Untersuchung eines einzelnen Einbruches oder einer einzelnen Senkungslinie führt nicht gar weit. So lange man jede Falte eines Kettengebirges für sich zu betrachten und jede Antiklinale des Juragebirges als das Ergebniss einer gleichsam individuellen linearen Erhebung anzusehen gewohnt war, blieb die Einsicht in das Wesen der Faltenbildung überhaupt verschlossen. So wie die Falten einer grossen Kette nach gemeinsamen Gesetzen geordnet sind, so wie jede derselben von ihren Nachbarfalten und von der allgemeinen Structur der Kette abhängig ist und so wie sie alle aus einer gemeinschaftlichen Ursache hervorgegangen sind, so sieht man auch in ausgedehnten Landstrichen die Senkungslinien zu Netzen oder Systemen sich ordnen, welche gemeinschaftlich die Lage eines Senkungsfeldes zeichnen und ebenso wie die Falten eines Kettengebirges aus einer gemeinschaftlichen Ursache hervorgegangen sind.

In einem normalen Senkungsfelde unterscheidet man zwei Hauptrichtungen der Sprünge, welche wir in Uebereinstimmung

mit der schon vor vielen Jahren von Deffner für die Brüche im schwäbischen Jura eingeführten Bezeichnung die peripherischen und die radialen Sprünge nennen. Ausserdem finden sich stets noch ohne allgemein giltige Regel hinzutretende diagonale Sprünge und ferner kürzere untergeordnete Quersprünge, welche die Hauptsprünge rechtwinkelig verbinden.

Die peripherischen Sprünge bilden die wichtigste Gruppe. Sie umgrenzen nicht nur das Senkungsfeld mit weitem Bogen oder Polygon, sondern sie wiederholen sich innerhalb dieses Umrisses in mehr oder minder concentrischer Weise, wohl auch als die Sehne eines Bogens oder quer über den Winkel des Polygons herlaufend, und nicht selten bemerkt man eine höchst merkwürdige Regelmässigkeit in den horizontalen Abständen der einzelnen gegen die Mitte des Senkungsfeldes einander folgenden Zonen von peripherischen Sprüngen.

An jedem dieser peripherischen Sprünge ist mit wenigen Ausnahmen der gegen die Mitte des Senkungsfeldes liegende Flügel gesenkt, so dass sich der Betrag der Senkungen gegen die Mitte, das ist gegen die Tiefe des Senkungsfeldes summirt. Es kommt aber allerdings auch vor, dass zwischen irgend zwei peripherischen Sprüngen ein Gebirgsstreifen zu tief gesunken ist, so dass dann die äussere Seite des folgenden Sprunges als die hangende erscheint und eine kleine Compensation eintritt. Solche zu tief gesenkte Streifen nennen wir nach einem alten bergmännischen Ausdrucke Gräben oder Grabensenkungen. Es kommt ferner vor, dass in dem Streichen einer peripherischen Linie das Ausmass der Senkung allmälig sich mindert und zugleich in nicht allzugrosser Entfernung eine zweite peripherische Spalte mit parallelem Verlaufe beginnt und mit zunehmender Senkung sich fortsetzt, so dass die eine Spalte durch die andere abgelöst wird, wie in ähnlicher Weise die Falten der Kettengebirge sich ablösen. Dann bleibt zwischen beiden Sprüngen ein gleichsam schwebendes Stück zurück, und solche Stücke hat Mojsisovics bei den grossen Senkungsbrüchen der Südalpen als Brücken bezeichnet.

Nähern sich die äusseren Umrisse zweier Senkungsfelder einander und bleibt zwischen beiden ein trennender Rücken, von welchem nach beiden Seiten die Senkungen mehr oder minder

treppenförmig abfallen, so bezeichnen wir diesen Rücken mit einem ebenfalls im Bergbaue üblichen Worte, als einen Horst, wohl auch als einen Horst erster Ordnung, im Gegensatze zu den untergeordneten Horsten, welche da und dort zwischen dem Sprungnetze sich bilden. Als solche Horste erster Ordnung werden wir z. B. den Schwarzwald, die Vogesen, den Morvan und das Kaibab-Plateau am Colorado kennen lernen. Dass untergeordnete Horste schon auf Sprüngen im gefalteten Gebirge entstehen können, sobald diese auch von verticaler Bewegung begleitet sind, hat das Beispiel an der Ackerspalte bei St. Andreasberg bereits gezeigt.

Die radialen Sprünge sind in ihrer Anlage lange nicht so regelmässig wie die peripherischen Sprünge. Sie sind in Senkungsfeldern von mässiger Ausdehnung besser entwickelt, sie durchschneiden dann die peripherischen Sprünge und erzeugen mehr oder minder trapezförmige Schollen, welche zuweilen eine selbständige, schräge und abnorme Bewegung verrathen, durch welche die Regelmässigkeit des Senkungsfeldes örtlich beirrt wird. Gegen die Mitte, wo die radialen Linien sich zu drängen beginnen, entstehen kleinere Keile, und aus der weitgehenden Zerstückelung der Erde gehen stellenweise eigenthümliche, örtlich verschiedene Einsturzfelder hervor, welche bald einen runden, bald einen unregelmässig eckigen Umriss haben können und deren Ausdehnung in ein und demselben Senkungsfelde eine sehr verschiedene sein mag. Als solche Einstürze gegen die Tiefe eines Senkungsfeldes sind z. B. der Rieskessel, der Höhgau und die Liparischen Inseln anzuführen.

Es ist bereits erwähnt worden, wie ausserordentlich leicht selbst sehr grosse Sprünge dieser Art, welche mit verticalen Dislocationen im Betrage von tausenden von Fussen verbunden sind, unserem Auge verhüllt bleiben und wie oft künstliche Aufschlüsse solche Störungen dort blosslegen, wo sie früher nie vermuthet wurden. So wird es erklärlich, dass die Sprungnetze in der Regel nur in sehr lückenhafter Weise bekannt sind. Böhmen, sonst so vielfältig durchforscht, ist hiefür ein schlagendes Beispiel. Kein Anzeichen verräth an der Oberfläche des einförmigen Hügellandes von Přibram das Vorhandensein der Lettenkluft, jener gewaltigen

Störungsfläche, welche die dortigen Silbergänge durchsetzt, jetzt bis zu einer Tiefe von mehr als tausend Meter aufgeschlossen ist und welche in der Tiefe der Grube unter den azoischen Abtheilungen des Silur ihre Unterlage, den Granit, wieder sichtbar werden lässt. Die Lettenkluft streicht nordöstlich, und der südöstliche Theil wird als der gesenkte anzusehen sein.[27]

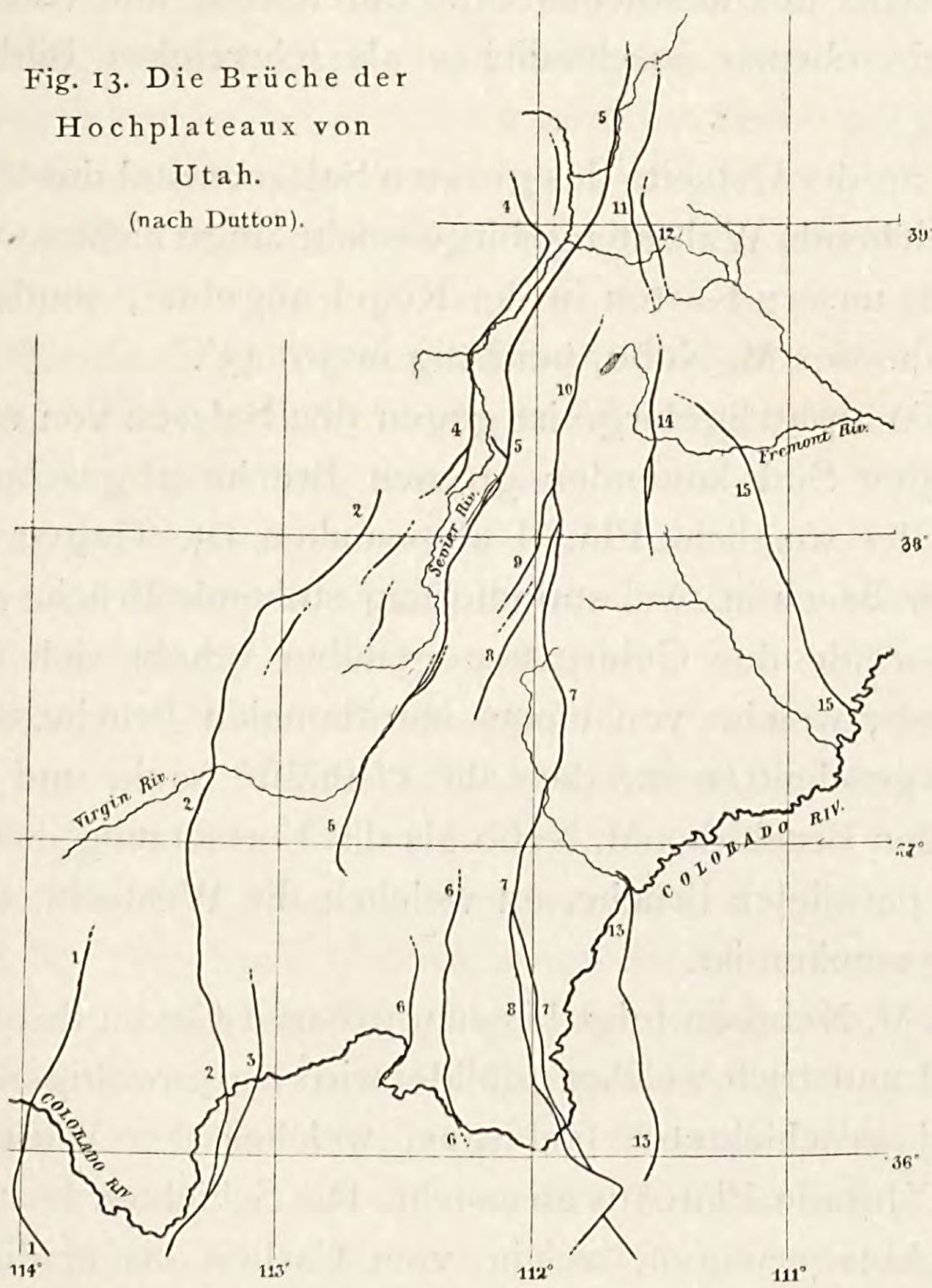
Es ist aber in hohem Grade wahrscheinlich, dass die wenig südlich davon ebenfalls gegen Nordost fast geradlinig zu Tage verlaufende Grenze des Granits gegen die azoischen Ablagerungen einem zweiten, ähnlichen Bruche entspricht, und dass die Lettenkluft und diese Granitgrenze nur Theile einer grossen Gruppe nordöstlich streichender Sprünge sind, von welchen einige durch die verdienstlichen Arbeiten von Krejci und Helmhacker erst kürzlich zwischen Beraun und Prag ermittelt wurden.[28]

Diese Sprünge liegen im Streichen der böhmischen Silurmulde, welche nach diesen Erfahrungen anstatt des früher gebotenen Bildes einer einfachen Synklinale mehr und mehr das Bild einer sehr breiten und verwickelten Grabensenkung annimmt. Diese Gruppe von nordöstlichen Sprüngen ist aber wieder nur ein Theil jenes grossen Systems von Sprüngen, von welchem die böhmische Masse durchsetzt ist, welchem die Brüche am Fusse des Erzgebirges, die wiederholten parallelen Senkungslinien am Fusse des Iser- und Riesengebirges, die scharfe, von Elbe-Teinitz gegen Südost ziehende Linie, die von Prag gegen Süd ziehende Linie des Moldauthales und manche andere angehören, von welchen eine vorläufige Skizze mir mitzutheilen Prof. Krejci die Güte hatte, und deren genauere Ermittlung die dankbare Aufgabe unserer Fachgenossen in Prag geworden ist. Heute lässt sich jedoch schon erkennen, dass ein sehr grosser Theil Böhmens, insbesondere West, Nord und Ost des Landes, der Schauplatz ausgedehnter Senkungen gewesen ist, welche sich auf weichender Unterlage an zahlreichen Sprungflächen vollzogen haben. Die schematische Unterscheidung von peripherischen und radialen Sprüngen findet in diesem Falle freilich keine Anwendung. Der archäische Süden des Landes ragt, allerdings auch von Sprüngen durchsetzt, dennoch im tektonischen noch weit mehr als im orographischen Sinne über das andere Land hervor; gegen Nordost und Nord-

west stehen als Grenzen die Abhänge des Riesengebirges und des Erzgebirges.

Die Vorstellungen, welche sich auf den enger umgrenzten Gebieten des mittleren Europa bilden, sind aber zum guten Theile nicht übertragbar auf jene weiten Regionen anderer Welttheile,

Fig. 13. Die Brüche der Hochplateaux von Utah. (nach Dutton).



1. Grand Wash Fault
2. Hurricane «
3. Toroweap «
4. Tushar «
5. Sevier «
6. West Kaibab Fault
7. East Kaibab «
8. Paunsagunt «
9. Hayfield «
10. Awapa «
11. West Musinia Fault
12. East Musinia «
13. Echo Cliff «
14. Thousand Lake «
15. Water Pocket Flexures.

in welchen horizontal geschichtete Platten auf ausserordentliche Strecken hin durchschnitten sind von grossen Störungslinien, in welchen der Begriff von peripherischen Linien selten, jener von radialen Linien noch seltener Geltung erlangen kann, wo bei der Vertheilung der Linien die Durchkreuzung selten ist und folglich auch die Veranlassung zu localen Einstürzen fehlt, und bei ihrer

ausserordentlichen Länge nicht nur das Ausmass der Senkung sich ändert, sondern sogar die Senkung bald auf der einen und bald auf der anderen Seite desselben Sprunges eintritt.

Um diesen Gegensatz zu zeigen, wähle ich das ausgezeichnetste Beispiel, nämlich jenes System von Störungen, welches die Hochplateaux des westlichen Utah durchsetzt, und von welchem Dutton ein ebenso anschauliches als lehrreiches Bild entworfen hat.[29]

Das an der Ostseite des grossen Salzsees und des Utah Lake herabstreichende Wahsatchgebirge reicht lange nicht so weit nach Süden, als unsere Karten in der Regel angeben, sondern endet in der Nähe des M. Nebo, beiläufig in 39° 45′.

Das Wahsatchgebirge ist gegen den Salzsee von einem von Nord gegen Süd laufenden grossen Bruche abgeschnitten, an welchem der westliche Flügel abgesunken ist. Gegen Süd löst sich dieser Bruch in zwei staffelförmig stehende Brüche auf. Dem südlichen Ende des Gebirges gegenüber erhebt sich M. Nebo, eine Masse, welche von einem meridionalen Bruche in solcher Weise abgeschnitten ist, dass die Osthälfte sank, und man betrachtet den Bruch des M. Nebo als die Fortsetzung des Bruches oder der parallelen Brüche, an welchen die Westseite des Wahsatch abgesunken ist.

Von M. Nebo an folgt bis zum grossen Cañon des Colorado hinab ein Landstrich, welcher gebildet wird von gewaltigen Schollen horizontal geschichteten Gebirges, welches den Westrand des grossen Colorado-Plateaus ausmacht. Die Schichten bestehen aus marinen Ablagerungen, welche vom Carbon bis in die Kreide reichen, wobei in der Kreide die Einschaltung von blattführenden und wohl auch von echten lacustren Schichten sich gegen oben mehr und mehr bemerkbar macht; hierauf folgen tertiäre lacustre Sedimente und dann ausgedehnte vulcanische Decken. Die Oberfläche dieser grossen Schollen liegt in vielen Fällen mehr als 11.000 Fuss über dem Meere, und sie sind umgrenzt und durchschnitten von grossen linearen Störungen.

Die Anordnung der Störungslinien ist auf Fig. 13 nach Dutton, Atlas Pl. IV, ersichtlich gemacht, wobei Dutton für den südlichen Theil die Arbeiten Powell's und Gilbert's zu Grunde gelegt hat.

Sie gleicht einer ruthenförmigen Zertheilung des Hauptbruches am Wahsatch und Nebo, wobei im Süden zwischen den östlichen und westlichen Kaibabbrüchen (6 und 7 auf Fig. 13) das Kaibab-Plateau im Grossen die Stellung eines Horstes einnimmt. Die östlichen Linien mögen dann als dem westlichen Theile jener peripherischen Linien zulaufend angesehen werden, an welchen, wie sich später zeigen wird, das Colorado-Plateau eingesenkt ist, während die westlichen Linien in sehr verwickelte Beziehungen zu den Ketten des Great-Basin treten.

Durch diese Brüche werden, wie gesagt, grosse Schollen umgrenzt.

Die erste dieser Schollen, Wahsatch-Plateau, erhebt sich südöstlich von M. Nebo und dem Ende der Wahsatch-Mountains zwischen 39° 30′ und 39°. Von der Westseite dieser Scholle gehen die weiteren Störungslinien aus; sie divergiren gegen Süd, und indem sich neue Linien mit ähnlicher Anordnung anschliessen, entsteht nun jenes grosse Bündel nordwärts mehr oder weniger gegen die Westseite vom Wahsatch-Plateau hinstrebender und südwärts auseinandertretender Linien, welche, immer weiter von einander entfernt, die Cañons des Colorado kreuzen und noch weiter nach Süden sich fortsetzen. Fig. 13 zeigt sie etwa bis 35° 40′ hinab.

Diese Störungslinien sind auf lange Strecken hin mehr oder minder scharfe ∫ förmige Beugungen der Schichten, welche von den amerikanischen Forschern im Gegensatze zu den ‚*folds*‘, d. i. wahren Falten alpiner Gebirgsbildung, als ‚*monoclinal flexures*‘ bezeichnet werden. Es fehlt unserer Nomenclatur eine kurze Bezeichnung für diese Form der Störungen, und ich werde sie ebenfalls F l e x u r e n, im Gegensatze zu F a l t e n, nennen. Diese Flexuren ersterben an manchen Orten in immer flacherer Beugung; an anderen Orten gehen sie in steile Brüche über mit beträchtlicher Absenkung einer Seite. Aus der zerrissenen F l e x u r wird eine V e r w e r f u n g mit g e s c h l e p p t e n F l ü g e l n, wobei der gesenkte Flügel nach aufwärts, der andere nach abwärts geschleppt ist, gerade wie durch Zerreissung eines Faltensattels eine Wechselfläche erzeugt wird.

Flexuren und Verwerfungen haben daher nicht als wesentlich verschiedene Erscheinungen zu gelten. Beide treten abwechselnd

auf derselben Störungslinie je nach dem Wechsel des Betrages der Störung auf, und es kann sogar geschehen, dass an derselben Stelle eine Störung in einem höheren Niveau als Flexur, in einem tieferen als Verwerfung sichtbar wird. Nun schwankt aber auf diesen langen Linien nicht nur der Betrag der Störung, sondern es kann bald der östliche, bald der westliche Flügel abgesunken sein, wie wir dies eben an dem Hauptbruche der Wahsatch-Mountains und des M. Nebo sahen, und wie dies ja auch z. B. Elie de Beaumont vor Jahren an dem Bruche von Zabern in den Vogesen dargestellt hat.

Ein Beispiel soll dies zeigen.

Wir folgen von Süd gegen Nord Dutton's Darstellung der Sevierlinie (5, Fig. 13). Sie beginnt 35 Miles nördlich vom grossen Cañon. Anfangs ist sie mit der gesunkenen Seite nach abwärts gebeugt, also entgegengesetzt der gewöhnlichen Schleppung, und die andere Seite ist horizontal. Fünf Miles entfernt von der Störung liegen die an der Störung gebeugten Schichten auch horizontal und eben so hoch wie der jenseitige Flügel. Weiter nördlich ist sie abgestuft in zwei Brüche. Noch weiter, am Rande des Paunsagunt-Plateaus, ist die gesunkene westliche Seite aufwärts gebeugt, die andere horizontal. Noch weiter nach Nord treten von der gesunkenen Seite her Zweigbrüche hinzu, und es tritt etwas Staffelbildung ein. Der Bruch vereinigt sich wieder, hat aber an verticalem Ausmasse verloren.

Es beträgt die Senkung bei Hillsdale, noch immer am Rande des Paunsagunt-Plateau, etwa in 37° 40′, nur 800 Fuss. Dies bleibt sich durch beiläufig 10 Miles gleich; durch die nächsten 60 Miles folgt eine sehr allmälige Zunahme. In Panquitch Cañon, den der Sevier durchfliesst, liegt ein grosses eruptives Centrum und wird die Verfolgung schwieriger, doch bildet der Hauptbruch die grosse Plateauwand gegen Ost.

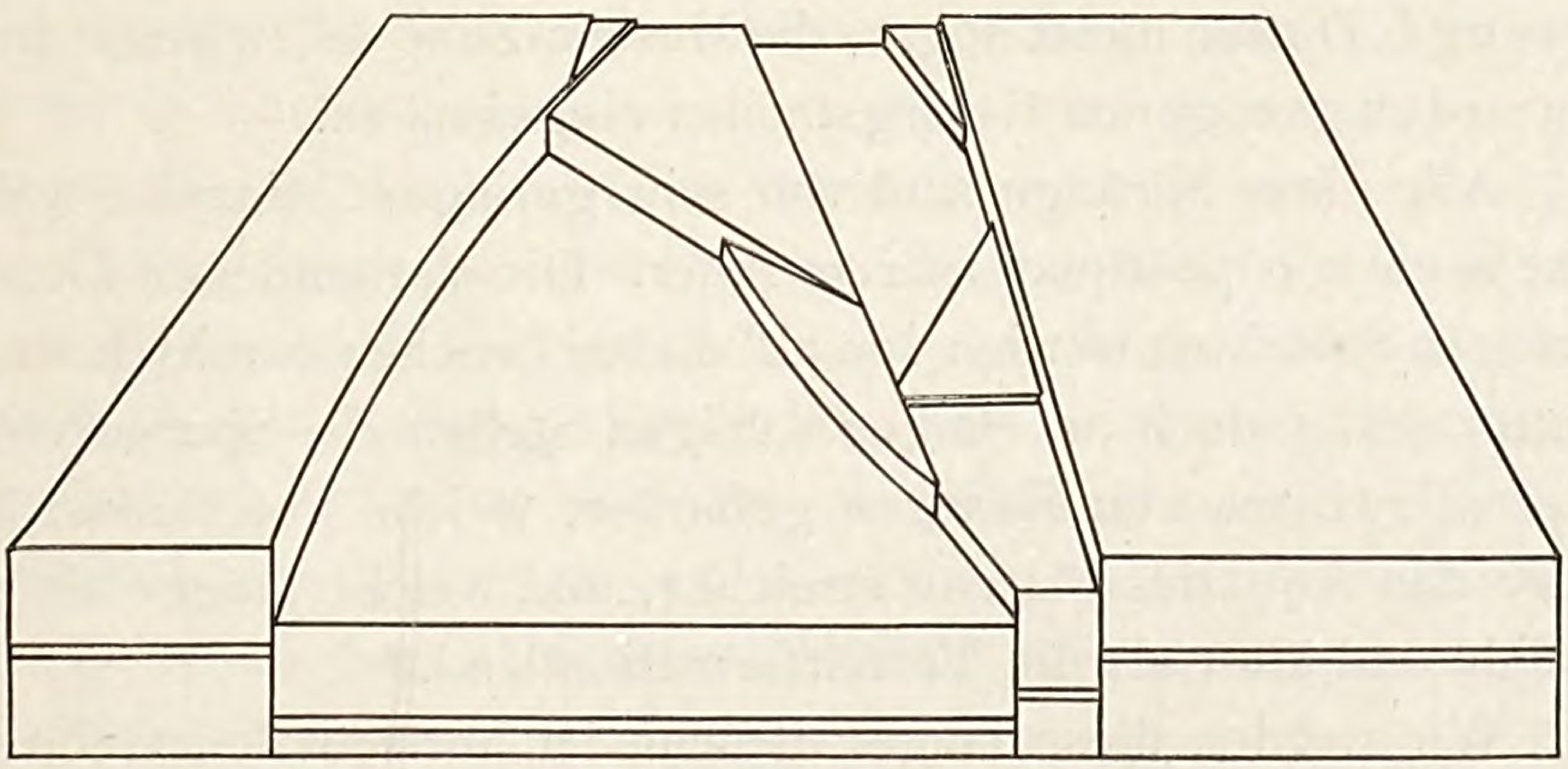
In Circle-Valley geht nun ein Zweig ab und kehrt wieder zurück. Noch nördlicher, bei East Fork Cañon (38° 5′ — 38° 10′) sind die gesunkenen Schichten aufgebeugt gegen den Bruch, gegen oben aber abgetrennt, mit einem Verwurfe von 3000 Fuss. Das Maximum der Dislocation wird bei dem Mormonendorfe Monroe (38° 38′) erreicht, dann nimmt der Betrag der Störung ab.

Zwischen Glenwood und Salina (zwischen 38° 45′ und 38° 75′) scheint derselbe auf Null gesunken zu sein und nun tritt gänzliche Verkehrung ein. Während auf der ganzen Strecke bis hieher der westliche Flügel gesenkt war, erfolgt nun die Senkung gegen Ost. Der Bruch bildet nun den Ostrand des San Pete-Plateaus und nimmt fortwährend zu, bis in die Nähe des M. Nebo.

Dutton nimmt an, dass in diesem nördlichen Theile eine jüngere Bewegung der älteren gefolgt sei.

Es hat mir nöthig erschienen, so weit ins Einzelne zu gehen, um den Wechsel in den wesentlichsten Merkmalen erkennen zu lassen. Es ist ferner die der gewöhnlichen Schleppung entgegen-

Nord.



Süd.

Fig. 14. Stereogramm eines Theiles der „Musinia-Zone of diverse Displacement“ nach Gilbert und Powell. (Siehe Fig. 13, Linie 11 und 12.) Die unterste horizontale Linie ist die Meeresfläche; die Doppellinie entspricht den höchsten Theilen der Kreideformation.

gesetzte Aufbeugung der Schichten am südlichen Ende der Sevier-Linie hervorzuheben. Dieser Fall trifft öfters ein und wird dadurch erklärt, dass an derselben Stelle Dislocationen im entgegengesetzten Sinne eingetreten seien, d. i. dass z. B. erst der östliche, dann der westliche Flügel der tiefere gewesen sei.

Das Maass der verticalen Dislocation steigt bis auf etwa 7000 Fuss an einzelnen dieser Linien. Ueber die Art der Bewegung, d. i. ob der tiefer liegende Flügel gesenkt oder der andere gehoben sei, sprechen sich die amerikanischen Forscher ohne Ausnahme mit der äussersten Zurückhaltung aus und verwahren sich sogar ausdrücklich dagegen, dass aus den von ihnen gewählten Ausdrücken eine bestimmtere Folgerung gezogen werde. In einzelnen

Fällen jedoch, namentlich wo es sich um Grabenverwürfe handelt, welche mit secundärer Zertrümmerung verbunden sind, wird von Dutton ausdrücklich zugestanden und betont, dass es sich um gesunkene Blöcke handelt. Dies gilt z. B. insbesondere von dem Streifen Landes, welcher von Powell als die „Musinia Zone of diverse displacement" dargestellt worden ist, und welcher nahe dem südwestlichen Rande des Wahsatch-Plateau zwischen der West Musinia- und East Musinia-Linie (11 und 12, Fig. 13) gelegen ist.[30]

Die amerikanischen Geologen nennen als bezeichnend, ja als bedingend für diese Form des Gebirgsbaues die gänzliche Abwesenheit jener horizontal wirkenden Kraft oder Spannung, welche Kettengebirge mit alpinen Merkmalen erzeugt. Dutton meint sogar, die Musinia-Zone sei zwischen auseinander gezogenen Gebirgstheilen eingesunken. —

Alle diese Sprünge sind von sehr geringem, einzelne wahrscheinlich von postquaternärem Alter. Die vorhandenen älteren tertiären Schichten werden von all' diesen Brüchen durchschnitten. Dutton hat jedoch an einigen wenigen Stellen die Spuren eines älteren Systems von Flexuren gefunden, welche von Südost her unter das Aquarius-Plateau streichen, und welche jünger als die Kreide und älter als die Tertiärformation sind.[31]

Wir werden diese langen Brüche im horizontalen Gebirge, welche aus Flexuren hervorgehen und einen wechselnden Verwurf zeigen, als Tafelbrüche bezeichnen. —

Es gibt aber ausser diesen typischen Tafelbrüchen noch eine Anzahl sehr grosser Brüche, welche gar mannigfaltige Merkmale zeigen und für welche besondere Namen für jeden einzelnen Fall einzuführen mir nicht nöthig erscheint. Solche sind z. B. die erythräischen Spalten, nämlich jene des Rothen Meeres, des Jordan und die syrische Küstenlinie, dann die vulcanischen Linien des westlichen Südamerika. Sie werden einzeln nach dem heutigen Stande der Beobachtung zu besprechen sein. —

Alle bisher besprochenen Formen der Senkung sind an eine Gruppe von linearen Flexuren oder Sprüngen gebunden, an welchen sich die Dislocation vollzieht. Es gibt aber noch eine weitere, gar wichtige Gruppe von Senkungen, welche ohne sichtbare lineare Spaltenbildung vor sich zu gehen scheint. Es bricht

ein Stück der Erde zur Tiefe, mit unregelmässigem, bald rundem, bald länglichem Umrisse; steile Wände umgeben den eingestürzten Raum, aber man sieht nicht, dass lineare Spalten gebildet wären. In einzelnen Fällen bildet allerdings eine gerade Linie einen Theil des Umrisses; dann hat die Senkung eine ältere Spalte sich gleichsam zu Nutze gemacht; die Abtrennung ist nach einer älteren Kluft erfolgt, aber die Kluft wurde nicht durch den Einsturz erzeugt. Bald steht ein solcher Einbruch vereinzelt, gleich einem Kessel; bald ist er zu gross und unregelmässig, um diese Bezeichnung passend erscheinen zu lassen. Der Umriss streckt sich wohl auch in der Richtung des Streichens des Gebirges, aber der Einsturz erfolgt ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit des Gesteins. Sehr oft endlich schliessen sich mehrere oder viele solche Einbrüche an einander, durch sporenartige Horste unvollständig getrennt, oder auch vereinigt zu einem einzigen weiten Einbruche.

Diese Einbrüche haben ferner die Eigenthümlichkeit, dass sie im gefalteten Gebirge erscheinen, also in Regionen, in welchen jene horizontalen Spannungen allerdings vorhanden sind, deren Abwesenheit im Colorado-Plateau so auffallend ist, und man kann ferner behaupten, dass sie gegen den äusseren Rand der Faltengebirge selten, gegen den inneren Rand dagegen sehr häufig sind. So gilt es wenigstens für das Alpensystem.

Die Granititmasse der Schneekoppe und des Isergebirges nimmt im Riesengebirge eine ähnliche Stelle ein wie die sogenannten Centralmassen der Alpen. Ersteigt man von Böhmen her die Höhe des Gebirges, so kreuzt man einen an seinen Schichtenköpfen recht deutlich abgegrenzten Mantel von Schiefer und Gneiss. Man überschreitet nun den Granitit und gelangt plötzlich an die Ränder des steil zur Tiefe gesenkten Kessels von Hirschberg. Gänge von Porphyr durchsetzen quer auf das Streichen die Masse der Schneekoppe; auch sie sind an den Rändern des Kessels abgebrochen, und in der Tiefe erkennt man ihre abgesunkenen Fortsetzungen. Von allen Beobachtern ist der Hirschberger Kessel als ein Einbruch aufgefasst worden. Beyrich hat das verhältnissmässig junge Alter desselben nachgewiesen.[32]

Das am weitesten nach aussen stehende Beispiel einer solchen Senkung in den Alpen bietet die Flyschzone bei Salzburg. Ein

leicht kennbarer Streifen von eocänem, petrefactenreichen Grünsand und Eisenoolith, begleitet von zuweilen riffartig hervortretendem, gleichfalls eocänem Lithothamnienkalk, streicht an dem äussersten Saume des Gebirges von Baiern her gegen Ostnordost, bricht ab und taucht mit gleichem Streichen jenseits der Salzach bei S. Pankraz, am Wartberge bei Mattsee und an anderen Stellen wieder hervor. Innerhalb dieses äussersten Saumes und grösstentheils mit demselben ist die Flyschzone ihrer vollen Breite nach gegen Ost bis an die Salzach und gegen Süd bis an die Kalkwände des Untersberges zur Tiefe hinabgesunken. Es fehlt daher dieser Gegend das waldige Vorgebirge, welches sonst das landschaftliche Mittelglied zwischen dem grünen Flachlande und den schroffen Abstürzen des Hochgebirges bildet; aber gerade der hiedurch hervortretende, ungewohnte Gegensatz bedingt die unvergleichliche Lage der Stadt und den gewaltigen Eindruck, welchen die Höhen des Stauffen- und des Untersberges hervorbringen.

Ein zweites Beispiel ist der merkwürdige Einbruch des Prättigau, von welchem ich bald ausführlicher zu sprechen haben werde.

Ein dritter Fall ist der Einbruch von Laibach, mit ausserordentlich unregelmässigem Umrisse, unterbrochen und getheilt durch zahlreiche aufragende Klippen.

Ein viertes Beispiel ist die Senkung von Wien. Diese steht fast ebenso weit nach aussen wie jene von Salzburg, aber sie umfasst ausser dem Flysch die gesammte Breite der Kalkzone. Diese Senkung ist im Sinne des Streichens des Gebirges, welches hier gegen Nordost gerichtet ist, viel länger als ihre Breite. Gegen Südwest bildet die Thermenlinie von Baden und Vöslau die Grenze, doch kennt man einzelne Thermen auch an dem östlichen Rande.

Ein erneuerter Besuch des Ostrandes der Alpen gegen die ungarische Ebene hat mich in der Ansicht bestärkt, dass der Einbruch von Wien im Zusammenhange mit diesem Rande zu betrachten ist.

Die Alpen enden hier nicht mit geradlinigem Bruche und sie dachen nicht mit lang unter die Ebene hinablaufenden Falten ab,

wie dies allerdings weiter im Süden der Fall ist. Es sind im Gegentheile zwei grosse, bogenförmige Ausschnitte in dem Gebirgsrande vorhanden, welche zwei Einsenkungsgebieten entsprechen.

Die Umrahmung der ersten Senkung beginnt mit niedrigen Gneisskuppen in der Nähe des südlichen Endes des Neusiedlersees und verläuft über Kobersdorf und Landsee gegen Güns. Bei Landsee erhebt sich an diesem Rande eine nicht unbedeutende Basaltmasse; auch im Innern der Senkung sieht man Basalt bei Pullendorf.

Das zweite Senkungsgebiet ist viel ausgedehnter. Es reicht von dem aus wahrscheinlich devonischem Schiefer gebildeten Südrande des Gebirgszuges von Güns in weitem Bogen bis Graz und von da bis Marburg am Ostende des Bachergebirges. Wenn man, von Güns kommend, eine Anzahl jener Thäler gekreuzt hat, welche, in weiche tertiäre Lagen eingesenkt, von den steirischen Bergen zum Raabflusse hinabziehen, so kann man nahe der Westgrenze Ungarns, z. B. auf den Höhen zwischen Grobendorf und Ulberndorf oberhalb Stegersbach, den Blick gegen Südwest gerichtet, ein für alpine Gebiete seltenes Bild sehen.

Zur Rechten weichen die hohen und dunklen devonischen Berge von Graz in weitem Bogen zurück; hinter ihnen erheben sich die aus Gneiss und altem Schiefer bestehenden noch höheren Rücken, welche, südwärts zur Koralpe ziehend, allmälig dem Auge entschwinden. Vor den Bergen von Graz liegt ein Stück grüner Ebene, dann mitten in der Landschaft, ganz vereinzelt, die grosse kubische Masse der Riegersburg, der Rest einer einst viel weiter ausgebreiteten Decke von basaltischer Breccie und Tuff. Ein wenig links von dem senkrechten Absturze der Riegersburg werden die Umrisse der Trachytberge von Gleichenberg sichtbar. Noch weiter links verliert sich der Blick in dem Dufte, welcher über der weiten ungarischen Ebene ausgebreitet liegt.

So endet der Hauptstamm der Alpen. Es ist nicht allmäliges Untertauchen, sondern Abbruch, oder vielmehr zweifacher bogenförmiger Einbruch, begleitet von vulcanischen Ausbrüchen, und es ist gar kein ursachlicher Zusammenhang kennbar zwischen dem Gefüge des Gebirges und dem Verlaufe dieser Einbrüche. Der

Gebirgszug von Güns tritt wie ein Horst zwischen beiden Einbrüchen hervor.

Der Zusammenhang dieser beiden Senkungen mit jener von Wien verräth sich durch den Umstand, dass es dieselben Glieder der mittleren Tertiärablagerungen sind, welche sich von Wien bis zum Bacher an die Bruchränder schmiegen. Die erste Mediterranstufe, welcher auch die Meeresmolasse der Schweiz angehört, zieht sich von Baiern her am Rande der böhmischen Masse über Linz, Melk, Horn u. s. w. hin; sie ist noch niemals innerhalb der eben genannten Senkungen gefunden worden, aber sie tritt südlich vom Bachergebirge wieder in ansehnlicher Entwicklung hervor. Das älteste Glied, welches innerhalb dieser Senkungen erscheint, sind die lignitreichen Schichten von Pitten und Eibiswald mit der Fauna des Mastod. angustidens. Ihnen folgen Meeresschichten der zweiten Mediterranstufe mit Cerith. lignitarum, Pyrula cornuta und der westafrikanischen Tugonia anatina, dann die ganze mannigfaltige Serie jüngerer Glieder.

Es ist daher das Alter der drei Einsenkungen von Wien, von Landsee und von Graz ziemlich genau bekannt, und wir werden sehen, dass beträchtliche, ausserhalb der Alpen gelegene Einsenkungen in Mittel-Europa auch beiläufig derselben Phase der Tertiärzeit zufallen.

Diese Einsenkungen sind aber die Zeichen eines Weichens der Unterlage unter einzelnen Theilen der bereits gefalteten Alpen.

Noch auffallender als in den Alpen ist die kesselförmige Gestalt der Einbrüche an der Innenseite des Appennin. Seitdem ich vor Jahren das bogenförmige Eingreifen dieser Brüche in das gefaltete Gebirge beschrieb, habe ich wiederholte Gelegenheit gehabt, mehrere derselben neuerdings zu besuchen, und bin dabei in meinen damaligen Ansichten bestärkt worden. Schon der Umriss des Golfes von Genua ist hier zu nennen; die toscanische Senkung, mehr nach dem Streichen des Gebirges gestreckt und bis in den Innenrand der östlichen Flyschzone eingreifend, gleicht in vieler Beziehung der Niederung von Wien. So wie man vom Westen, z. B. von München kommend, auf der Eisenbahn nur die Flyschzone überschreitet, um sich in Wien in der Tiefe der alpinen

Senkung zu befinden, so übersetzt die Eisenbahn zwischen Bologna und Pistoja auch nur den Flysch, und Florenz liegt ebenso auf einer Senkung des Appennin, wie Wien auf einer Senkung der Alpen.

Gegen Süd wird dann die kreisförmige Gestalt immer deutlicher, so am Südrande des Golfes von Neapel bis Capri hinaus, im Golf von Salern zwischen Capri und Punta della Licosa, im Golf der S. Eufemia zwischen Cap Suvero und dem vaticanischen Vorgebirge, endlich im Golf von Gioja zwischen diesem Vorgebirge und Scilla. Die Horste ragen als Vorgebirge ins Meer hinaus. Die Tiefe dieser Senkungen kennen wir nicht, aber wir wissen, dass noch mindestens 1500 Fuss Asche und Tuff unter der Stadt Neapel liegen. Selbstverständlich hat man bei Beurtheilung dieser Einbrüche nicht die flach concave Küstenlinie ins Auge zu fassen, sondern den bogenförmigen Abhang des Gebirges, welcher in seinem Laufe von einem Vorgebirge zum andern sich mehr oder weniger weit landeinwärts zieht. Auch die peripherische Schütterlinie Calabriens scheint nichts Anderes als der Grundplan zu sein, nach welchem ein neuer grosser Einbruch dieser Art sich allmälig vorbereitet. Ebenso ist vielleicht der grosse bogenförmige Steilrand entstanden, welcher den Piano di Catania und den Aetna umfasst und sich vom M. Cieri oberhalb Taormina über M. Sordo, M. Gallina oberhalb Nicosia, über Castro Giovanni, Piazza, Caltagirone, Vizzini, zur Küste zwischen Syracus und Noto erstreckt.

Es ist also die Westküste Italiens mit einer langen Reihe von Einsenkungen besetzt, welche in ihrem Zusammenhange den unregelmässigen Abbruch des Appennin und die wechselvolle Gliederung dieser Küste im Gegensatze zur Ostküste erzeugen. Nur durch Einbrüche dieser Art konnten Horste erzeugt werden wie der lange, quer auf das Streichen des Gebirges aufragende Kalkzug von Sorrent und Capri.

Brüche von dieser Art können aber ein noch weit grösseres Maass erreichen. Dies lehrt die Beschaffenheit vieler Küsten, welche steil und quer auf das Streichen gebrochen sind.

Betrachten wir z. B. die Gebirge der Krim. Schon Pallas hielt die nördliche Hälfte des Schwarzen Meeres für ein Senkungs-

feld. Viele neuere Beobachter, unter ihnen Spratt, schlossen sich dieser Meinung an und begründeten sie durch den plötzlichen Absturz des Meeresbodens und durch die Beschaffenheit der Bruchränder des taurischen Gebirges. In der That beträgt die Tiefe des Meeres nördlich von der Linie Cap Emineh — Cap Saritsch nur 70—80 M., während sie südlich von derselben schnell auf 1000—1800 M. steigt, und in der Mitte der Westhälfte des Pontus hat Spratt sogar Tiefen von über 2100 M. gefunden; das ist beinahe der doppelte Betrag der Höhe der taurischen Berge.[33]

Auch gegen Ost hin hat Em. Favre, gestützt auf Abich's Arbeiten, sowie auf seine eigenen Beobachtungen, sowohl im Kaukasus als auf der Krim, den einstigen Zusammenhang dieser Gebiete nachgewiesen.[34]

Der Kaukasus kann gedacht werden als bestehend aus zwei einseitigen Ketten, welche von Südwest her aneinandergerückt sind. Grosse Vulcane stehen hier ausnahmsweise mitten im Gebirge, nämlich Elbruz und Kasbek, dem südlichen Abhange aber gehören die grössten Brüche und Störungen an. In der Nordkette fallen Jura, Neocom und die jüngeren Schichten concordant gegen Nord, während die südliche Kette eine durchgreifende Discordanz zwischen Jura und Neocom erkennen lässt; auch fehlt der Nordkette, wie es scheint, die ältere Tertiärstufe gänzlich.

Die südliche Zone des Kaukasus ist es nun, welcher das taurische Gebirge nach Favre angehört; in diesem ebenfalls nordwärts geneigten Bruchstücke wiederholen sich seine stratigraphischen Eigenthümlichkeiten.

Das taurische Gebirge, jenes gegen Süd keilförmig gestaltete Bruchstück der äusseren Ketten eines grossen Gebirgszuges, ist also ein Fragment des vom Innenrande her eingesunkenen Kaukasus. Sein keilförmiger Umriss entspricht seiner Stellung als Horst zwischen der östlichen und der westlichen Einsenkung des Pontus.

Noch weit grössere Beispiele für solche Senkungen anzuführen, wird sich an späterer Stelle die Gelegenheit finden.

C. Dislocationen aus vereinigter Senkung und tangentialer Bewegung.

In jenen Fällen, in welchen Senkung und tangentiale Bewegung thätig waren, ist zuerst zu unterscheiden, welches die Streichungsrichtung der hauptsächlichen Bruchlinie im Verhältnisse zu der Richtung der faltenden Kraft ist. Steht der Bruch annähernd senkrecht auf der Richtung der Gebirgsfalten, ist er also ein Querbruch, so wird die Störung wahrscheinlich durch den verschiedenen Grad der Faltung auf beiden Seiten mehr oder weniger der schrägen Bewegung an einer Blattfläche gleichen. Ist dagegen der Bruch ein Längsbruch, was viel häufiger vorkommt, so ist zu unterscheiden, ob der gesenkte Theil im Sinne der faltenden Kraft nach innen oder nach aussen liegt, ob also z. B. in einem nach Nord gefalteten Zuge der südliche oder der nördliche Theil abgesunken ist.

Wird ein gefaltetes Gebirge von einem Längsbruche durchschnitten und sinkt an demselben der innere Flügel zur Tiefe, so zeigt sich nicht selten in dem Gebirge das Bestreben, in einer der normalen Faltung ganz entgegengesetzten Richtung den Bruch zu überfalten, wodurch an demselben nicht nur Aufrichtung, sondern auch Einklemmung und Umstürzung der Schichten entstehen mag. Diese Erscheinung nennen wir Rückfaltung.

Das mittlere Europa umschliesst mehrere sehr ausgezeichnete Beispiele von Rückfaltung.

Die grosse Masse des Riesen- und Isergebirges sammt der Heuscheuer und den inneren Theilen der Sudeten ist nach Nordost bis Ost bewegt. An ihrem Innenrande ist sie auf eine lange Strecke durch einen nordwestlich streichenden Bruch abgeschnitten, und auf dieser Linie ist in einer dem normalen Gebirgsbaue entgegengesetzten Richtung Granit mit anderen archäischen Felsarten gegen Südwest über weissen Jura und Kreide herübergebeugt. Es hat in letzter Zeit v. Dechen die hierauf bezüglichen Thatsachen für die 127 Km. lange Strecke von Oberau bei Meissen bis Zittau gesammelt. Man ersieht, dass an einzelnen Stellen

Aufrichtung von Kreide an Granit, an anderen wahre Ueberschiebung von Granit über Jura und Kreide beobachtet wurde.[35]

Dieselbe Erscheinung wiederholt sich an dem südöstlichen Rande der böhmischen Masse, im Angesichte der Alpen. Bei Voglarn, unweit von Ortenburg in Baiern, haben Egger und Gümbel eine Ueberschiebung von Gneiss über eine nach abwärts gerichtete Synklinale von oberem Jura gefunden, und Ammon hat gezeigt, dass in diese Mulde auch die Kreideformation eingeklemmt ist. Auch dieser Bruchrand ist daher nach Ablagerung der Kreideformation vom hangenden Flügel her überschoben.[36]

Aehnlich dürfte es sich auch an dem Südrande des Teutoburger Waldes verhalten. Es ist allerdings in solchen Fällen schwer zu sagen, ob wahre Verwerfungen überschoben wurden oder Flexuren; bei dem grossen Ausmasse der Brüche wird das Erstere als wahrscheinlicher zu betrachten sein.

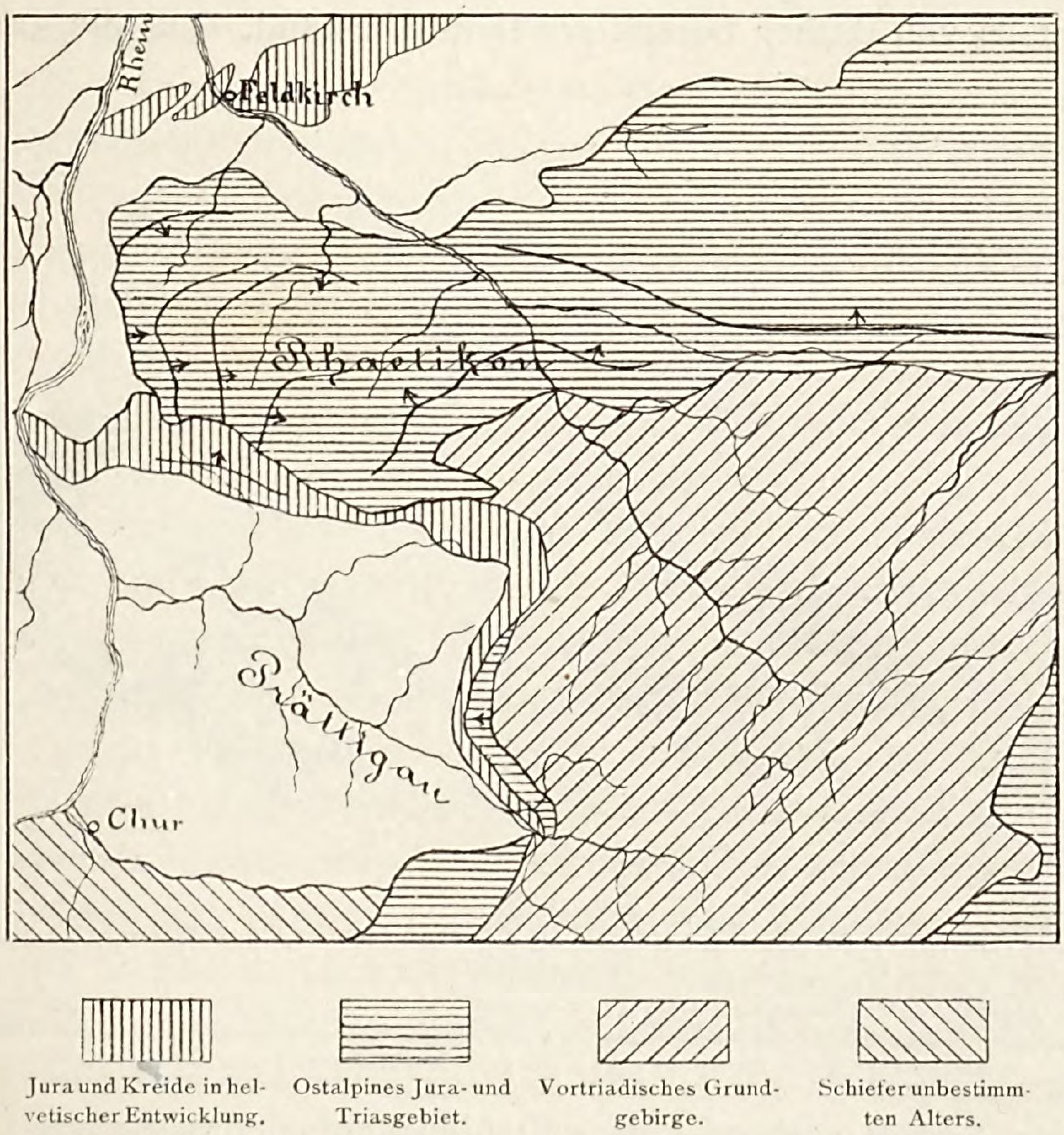
Dieselbe Rückfaltung tritt auch in den alpinen Einsturzgebieten auf.

Es hat H. v. Mojsisovics die Güte gehabt, das Einsturzgebiet des Prättigau auf Fig. 15 nach dem heutigen Stande der Erfahrungen darzustellen.

Man sieht, wie das westliche Ende der Kalkzone der östlichen Alpen im Rhaetikon endet, und wie an diesem Ende die Faltungen und Wechsel in wahrer Schuppenstructur rechtwinkelig umgebeugt werden, so dass sie zuletzt nordsüdlich streichen, als wäre eine grosse horizontale Verschiebung der Ostalpen gegen die Westalpen an der Rheinlinie eingetreten, und als sei der Rhaetikon horizontal geschleppt. Uebersteigt man nun von Norden her den Rhaetikon und erreicht man an seinem höchsten Punkte, der Scesa Plana, den steil abstürzenden Südrand, so sieht man nicht, wie es etwas weiter gegen Ost der Fall ist, Berge von älterem Schiefer und über diesen vergletscherte Kämme und Zacken von Gneiss, sondern tief unten das grüne Hügelland des Prättigaus, zuerst aus Jura und Kreidebildungen von helvetischem Typus zusammengesetzt, wie sie jenseits des Rheins am Säntis zu Tage stehen, und eine grosse Ausbreitung von Flysch. Gegen Ost ist der Bruch ebenfalls sehr scharf ausgeprägt, und eine schmale Um-

randung von Triasbildungen bezeichnet die Grenze gegen die Gneissmasse der Silvretta.

Hier, wo im Rhaetikon die Faltungsrichtung gegen Nord und Nordwest bis zur Bildung von Wechseln und Schuppenstructur gestiegen ist, findet nichtsdestoweniger an dem Südrande desselben und zum Theile auch an dem Westrande der Silvretta deutliche Rückfaltung statt, so dass das Senkungsfeld gegen Nord



Der weiss gelassene Raum östlich vom Rhein ist von eocänem Flysch bedeckt.

Fig. 15. Prättigau und Rhaetikon (nach einer von E. v. Mojsisovics gütigst mitgetheilten Skizze.)

und Ost davon in mehr oder weniger ausgeprägter Weise umgeben ist.

Die Hohe Wand bei Wiener-Neustadt ist ein ähnliches Beispiel von Rückfaltung in einem alpinen Einsturze. Es ist dieselbe, deren Blattflächen S. 158 erwähnt wurden. Diese Wand läuft der Thermenlinie in unmittelbarer Nähe parallel und bezeichnet den

stärksten Abbruch des östlichsten Flügels der Kalkalpen. Obwohl, wie Bittner gezeigt hat, dieser ganze Gebirgstheil in ausgeprägter Schuppenstructur gegen Nordwest in Schollen gestaut ist, sieht man an diesem inneren Bruche dennoch Trias über Kreideformation im entgegengesetzten Sinne, nämlich gegen Südost überschoben, und es kommt dabei zur Bildung einer grossen Wechselfläche.

Was aber diese Stelle besonders lehrreich gestaltet, ist der ebenfalls von Bittner bereits erwähnte Umstand, dass die ganze

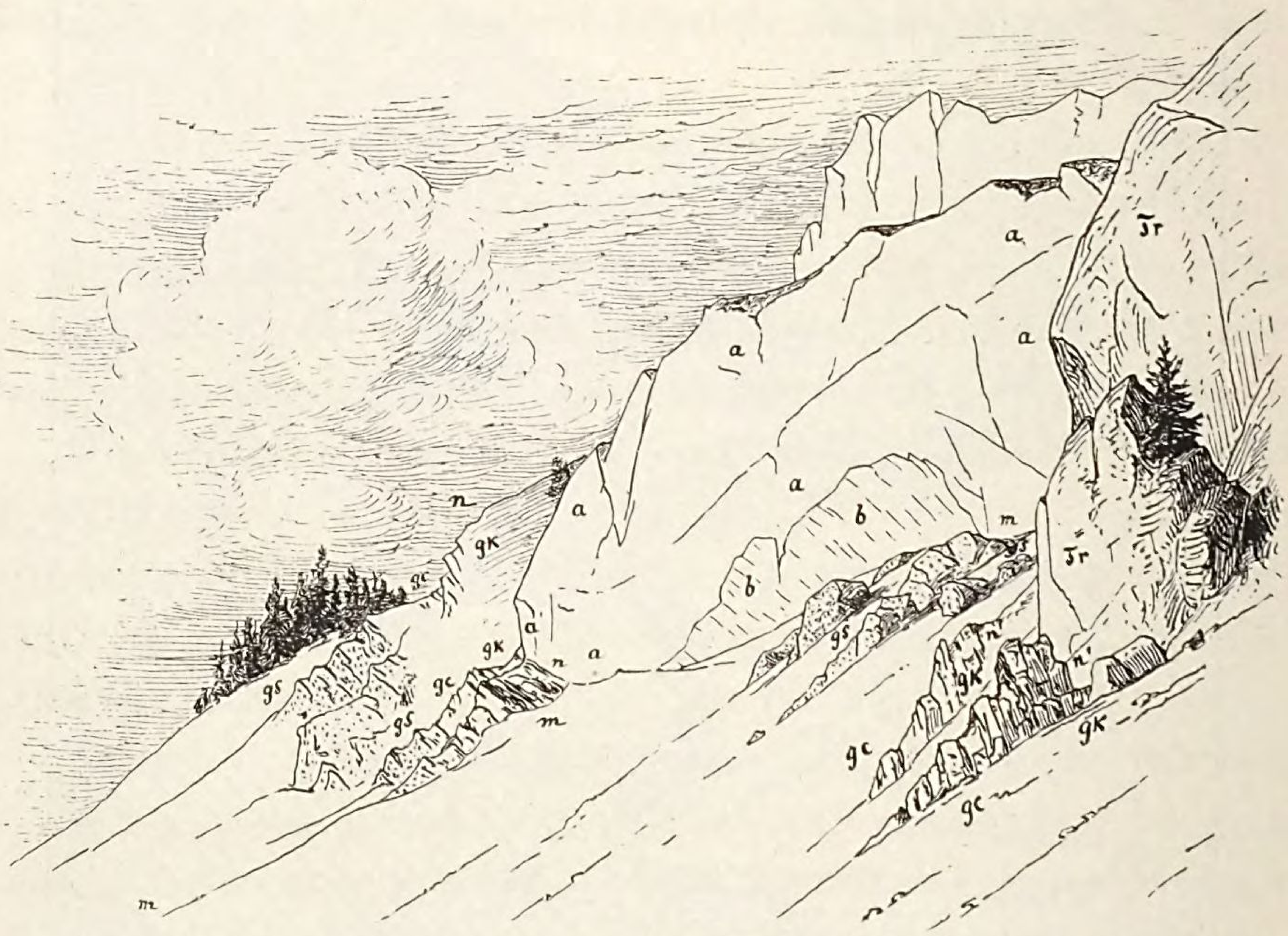


Fig. 16. Der Fuss des Heiligensteines an der Hohen Wand bei Wiener-Neustadt (Niederösterreich).

Tr = Triaskalk; *gk* = Gosau-Kalkstein; *gc* = Gosau-Conglomerat; *gs* = Gosau-Sandstein; *n n*, *n' n'* Wechsel- (Ueberschiebungs-) Fläche zwischen Trias und überstürzter Kreideformation; *m m m* Linie der Verschiebung an der Blattfläche *a a a*; *b b* Tafel von Reibungsbreccie an dem Blatte.

gegen Südost rückgefaltete und überschobene Masse von jüngeren Blättern durchschnitten und nach denselben etwa in ähnlicher Weise staffelförmig verschoben ist, wie der Kalkabsturz am Südabhange des Dachsteingebirges oder des Steinernen Meeres, und dass diese Blätter der Richtung der nahen, durch die Erdbeben-Beobachtungen bekannt gewordenen Kamplinie entsprechen. —

Wenn nun aber in einem faltenden Gebirge Absenkungen auf im Streichen liegenden Sprüngen in solcher Weise sich ereignen,

dass ein nach aussen liegender Gebirgstheil gesenkt wird, dass also z. B. in einem nordwärts faltenden Gebirge auf Ostwestsprüngen nordwärts von der Hauptregion der Faltenbildung das Land hinabsinkt, dann erfolgt weit grössere Horizontalbewegung, als würde sie befördert durch die vorliegende Senkung. Dies nennen wir Vorfaltung.

Dies scheint der Vorgang zu sein, welcher zu den verwickelten Lagerungsverhältnissen in den belgischen Kohlenfeldern geführt hat.

Aus der Gegend von Boulogne bis nach Aachen reicht eine grosse Ueberschiebung des Gebirges gegen Nord, welche es dahin bringt, dass an mehreren Stellen, im Pas de Calais wie bei Lüttich, das flötzreiche Carbongebirge unter devonischen Schichten abgebaut wird, und dass bei Namur ein nach abwärts gerichtetes Stück eines grossen Faltensattels, bestehend aus silurischen und devonischen Ablagerungen, dem in gleichem Sinne nach abwärts gekrümmten carbonischen Gebirge auflagert.

Der ausgedehnte Bergbau, durch welchen überhaupt all' diese ausserordentlichen Störungen unter dem von der Kreideformation bedeckten flachen Hügellande erst bekannt geworden sind, gestattet nach den heutigen Aufschlüssen bereits eine Analyse der Erscheinungen.

Nach Cornet und Briart hat man bei Namur zu unterscheiden: zuerst Bildung der silurischen Crête du Condroz durch Faltung aus Süd, welche die Verschiedenheit der Devonablagerungen im Norden und im Süden dieses alten Kammes veranlasst; hierauf grosse postcarbonische Faltung aus Süd, durch welche die erste Ueberschiebung des dem alten Sattel vorliegenden Theiles von flötzführendem Carbongebirge verursacht wird; dann Bildung eines ostwestlich streichenden, gegen Nord geneigten Sprunges, mit Absenkung des nördlichen Theiles; dies ist die ‚*faille de Boussu*' (*A A A*, Fig. 17), welche den nördlichen Theil der alten Faltung im Streichen schneidet und ihren nördlichen Theil senkt. Dann folgt ein zweiter Sprung, der ‚*Cran de retour d'Anzin*' (*B B B*, Fig. 17), im Streichen dem ersten fast parallel, mit südlichem Fallen denselben im Kreuz schneidend und verbunden mit Senkung eines sehr grossen südlichen Gebirgstheiles und Verwerfung der beiden

Flügel der älteren *Faille de Boussu*. Diesen von untergeordneten Bewegungen begleiteten Hauptsenkungen folgt nun die Ueberschiebung des südlichen Gebirges gegen Nord über die Brüche hin, auf der ganzen Erstreckung des Kohlengebietes, auf einer grossen Wechselfläche; dies ist die ,*Grande faille du Midi*' oder ,*Faille Eifelienne*' (*C C C*, Fig. 17).[37]

Das ausserordentliche Maass dieser Bewegung ergibt sich am besten aus dem Umstande, dass die Mächtigkeit des bereits durch Denudation verminderten Restes des flötzführenden Gebirges auf 2100 M., jene des Kohlenkalkes und Devons auf bei-

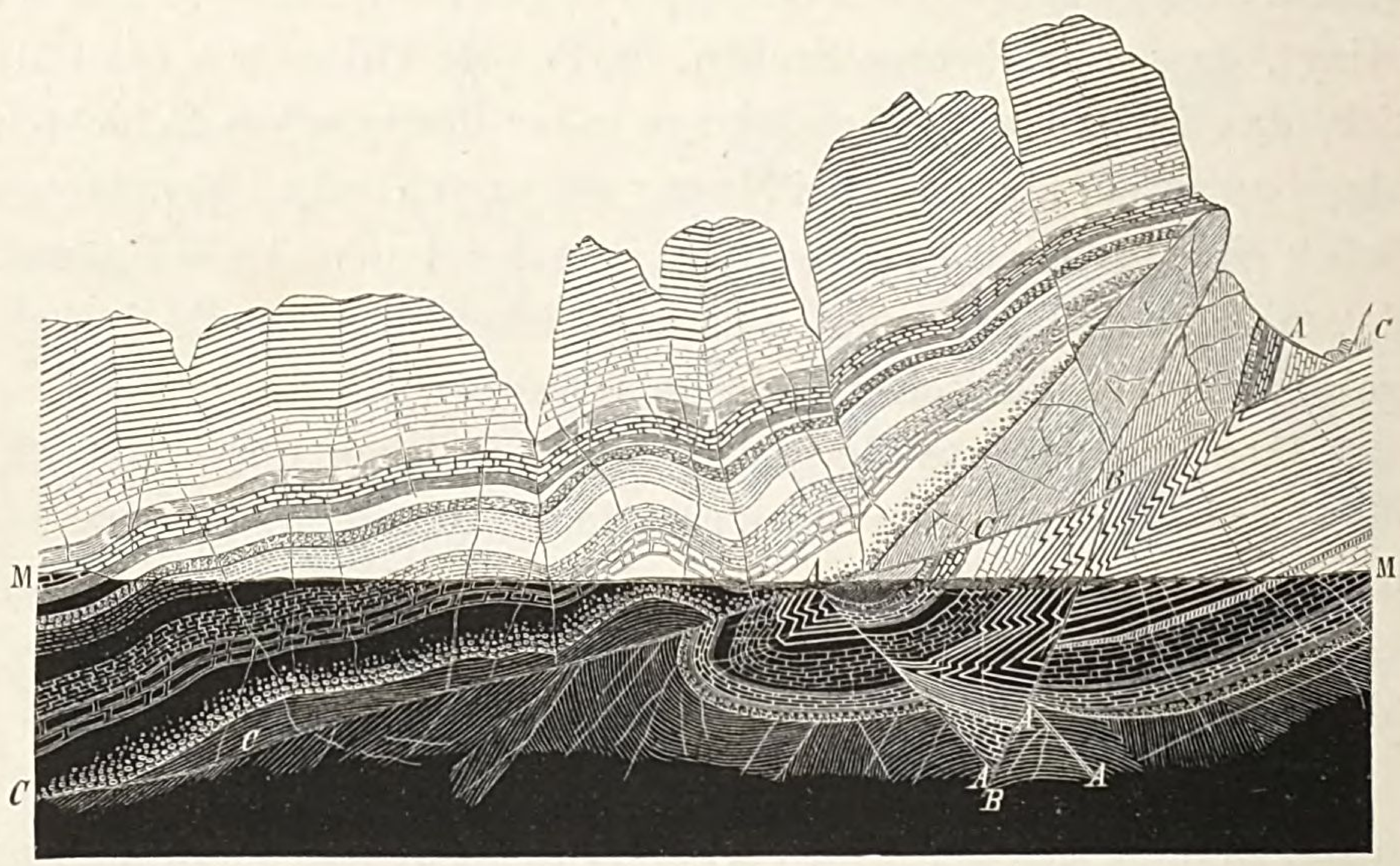


Fig. 17. Vorgänge im belgischen Flötzgebirge (nach Cornet und Briart).
A A A Bruch mit Senkung des Nordflügels (*Faille de Boussu*); *B B B* Bruch mit Senkung des Südflügels (*Cran de retour d'Anzin*) *C C C* grosser Wechsel, (*Grande faille du Midi*); *M M* heutige Oberfläche und Auflagerung der Kreideformation.

läufig 2500 M. geschätzt wird, und dass die Ueberschiebung im Jahre 1877 bereits auf eine Länge von etwa 200 Km. bekannt war. Cornet und Briart haben, wie Fig. 17 zeigt, eine ideale Ergänzung des überschobenen Flügels versucht, um das Maass der eingetretenen, wohl die Ueberschiebung begleitenden Zerstörung und Abtragung des Gebirges zu beurtheilen, und veranschlagen diese bei Namur auf 5000—6000 M.

Ein höchst competenter Beurtheiler dieser Vorkommnisse, Gosselet, sagt: ,Die Ursache der Faltung liegt in der Versenkung der centralen Theile des Beckens und der relativen Erhebung

der Ränder mit Gleitung einer Schichte über der andern. Die Versenkung selbst ist eine Folge des andauernden Rückzuges der Erdrinde.‘ [38]

Von einer Trennung der tangentialen und der radialen oder, wie wir sagten, der faltenden und der senkenden Bewegungen ist bei dieser übersichtlichen Betrachtung der Dislocationen ausgegangen worden; die letzten Beispiele und insbesondere die auffallende Beförderung, welche die tangentiale Bewegung durch gleichzeitige Senkung des Vorlandes erfährt, leiten uns zurück zur Prüfung des ursachlichen Zusammenhanges beider. Diese Prüfung kann jedoch nur auf Grund der Vergleichung sehr grosser Theile der Erdoberfläche unternommen werden. Immerhin kann man aus den genannten Beispielen ersehen, dass in all' diesen Fällen ein gewisses Bestreben vorhanden ist, die Senkungen zu überschieben. Diese Ueberschiebung findet in grossem Maassstabe statt, wo die Senkung vor der ohnehin vorhandenen normalen Faltungsrichtung liegt, wie in Belgien vor der Faltungsrichtung der Ardennen; sie fehlt aber auch dann nicht, wenn die Senkung nach innen liegt, und dann mag sogar eine örtliche Umkehr der Bewegung eintreten, wie am Südrande des Riesengebirges oder an dem südwestlichen Rande der böhmischen Masse bei Voglarn, oder im Prättigau, oder an der Hohen Wand bei Wiener-Neustadt.

Anmerkungen zu Abschnitt III: Dislocationen.

[1] G. Köhler, Ueber die Störungen im westphälischen Steinkohlengebirge und deren Entstehung; Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 1880, XXVIII, S. 195—210, 2 Taf.; B. Lotti, Sopra una piega con rovesciamento degli strati paleoz. etc., Boll. Comit. geol. 1881, XII, p. 85—96, t. III; ders., La doppia piega d'Arni e la sezione trasvers. delle Alpe Apuane; ebendas. p. 419—428, t. IX.

[2] Clar. King, U. S. Geol. Explor. 40th Parallel, 4°, I, 1878, p. 744.

[3] G. K. Gilbert, in Wheeler, Rep. Geol. and Geogr. Explor. and Surveys West of 100. Merid., 4°, III, 1875, p. 62.

[4] A. Heim, Der Mechanismus der Gebirgsbildung, 4°, 1878, I, S. 233; II, S. 207.

[5] Heim, a. ang. Orte, und A. Baltzer, Der mechanische Contact von Gneiss und Kalk im Berner Oberland; Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, XX, 4°, Bern, 1880, und Atlas.

[6] H. D. Rogers, On the Laws of Structure of the more Disturbed Zones of the Earth's Crust; Trans. Roy. Soc. Edinb. 1856, XXI c, p. 442: Uninverted side of Wave usually shoved over the Inverted.

[7] Al. Bittner, Die geolog. Verhältnisse von Hernstein, S. 305.

[8] Albr. Müller, Ueber die anormalen Lagerungsverhältnisse im westlichen Basler Jura, S. 428—462, und Tafel; vgl. Studer, Geol. der Schweiz, II, S. 330; Moesch, Der südl. Aarg. Jura, Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, X, 1874, Taf. II, Fig. 3.

[9] Cas. Moesch, Der Aargauer Jura und die nördlichen Gebiete des Cantons Zürich; Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, IV, 4°, 1867, insbes. S. 266 u. folg.; 20 Profile an der Grenze von Plateau- und Kettenjura; das Profil des Bötzberg-Tunnels in desselben Anhang zu Beitr. Heft IV (erschienen mit Heft X, 1874). Müller hat gemeint, zur Erklärung der Schuppenstructur ausser dem auch von ihm anerkannten Drucke aus Süd und der Stauung durch den Schwarzwald noch besondere parallele Brüche und insbesondere für die Wiesenberg — Mont Terrible-Kette und die Hasenhubel-Linie ,wiederholte Stösse und Aufrisse aus der Tiefe' annehmen zu sollen. (Ich theile jedoch in dieser Beziehung die ältere, jetzt von Moesch mit grosser Sachkenntniss vertretene Ansicht, nach welcher sich alle diese Erscheinungen auf überschobene Wellen zurückführen lassen.)

[10] Dieses Profil ist zu wiederholten Malen, so kürzlich erst in den Verhandl. Schweiz. Naturf.-Ges. zu Aarau, 1881, S. 70—71, beschrieben worden. Ich habe den braunen Jura und Insectenmergel nicht anstehend getroffen.

[11] Köhler a. ang. Orte S. 199, 200.

[12] Köhler, Die Störungen im Rammelsberger Erzlager bei Goslar; Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 1882, XXX, S. 31—43 und 278; 4 Taf.

[13] M. Bertrand, Failles de la lisière du Jura entre Besançon et Salins; Bull. soc. géol. 1882, 3e sér., X, p. 114—126.

[14] A. Escher v. d. Linth, Geol. Beschreib. d. Sentis-Gruppe (herausgeg. von Moesch); Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, 1878, XIII, S. 71, 231.

[15] A. Jaccard, Jura Vaudois et Neuchatelois; Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, 1869, VI, p. 263, 264.

[16] Entstehung der Alpen, S. 61 u. folg.

17 F. Posepny, Die Goldbergbaue der Hohen Tauern (aus dem Archiv f. prakt. Geol., I), 1879, S. 21, 92, 218 und a. and. Ort.

18 Ders., Die Blei- und Galmei-Erzlagerstätten von Raibl in Kärnten; Jahrb. geol. Reichsanst. 1873, XXIII, S. 325 u. folg. Die bucklige Oberfläche des ‚Morgenblattes‘ ist, wie mir Hr. Bergmeister Gröger sagt, bereits auf 500 M. in verticaler Richtung bekannt; die drei Hauptgruppen der Blätter: Josefi, Struggl und Morgenblatt streichen nördlich bis nordnordöstlich, und es sind die erzführenden Blätter von zahlreichen tauben Blättern begleitet. Der Galmei liegt getrennt und abgeschnitten durch die nordnordwestlich streichende Galmei-Kluft.

19 Jahrb. geol. Reichsanst. 1867, XVII, S. 576.

20 Bittner, Hernstein, S. 245 u. folg.

21 Z. B. Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung, Taf. XV, Fig. 8.

22 E. Hull, The phys. Geol. and Geogr. of Ireland; 8°, 1878, p. 135, Fig. 17.

23 K. A. Lossen, Ueber den Zusammenhang zwischen Falten, Spalten und Eruptivgesteinen im Harz; Jahrb. k. preuss. geol. Landesanstalt, II, 1882, S. 1—50.

24 A. v. Groddeck, Beitr. zur Geogn. des Oberharzes, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1877, XXIX, S. 440 u. folg.; Lossen, ebendas. S. 38.

25 A. Daubrée, Etudes Synthét. de Géol. Experimentale, 8°, 1879, insbes. pl. II.

26 E. Kayser, Ueber das Spaltensystem am Südwestabfalle des Brockenmassivs; Jahrb. k. preuss. geol. Landesanstalt, II, 1882, S. 412—454, Taf. X, XI.

27 F. Posepny, Ueber Dislocationen im Przibramer Erzrevier; Jahrb. geol. Reichsanst. 1872, XII, S. 229—234.

28 J. Krejci und R. Helmhacker, Erläut. zur geol. Karte der Umgebungen von Prag; Archiv f. d. naturw. Landesdurchforschung von Böhmen, 1879, IV, insbes. S. 82—90; derselben Verf. Erläut. zur geol. Karte des Eisengebirges, ebendas. 1882, V, an mehr. Ort., vervollständigt wesentlich das Bild des böhmischen Sprungnetzes in Südost.

29 C. E. Dutton, Rep. on the Geol. of the High Plateaus of Utah, 4°, 1880, mit Atlas, insbes. p. 25—54.

30 J. W. Powell, Rep. on the Geol. of the East. Portion of the Uinta Mountains, 4°, 1876, p. 16; Dutton, p. 34.

31 Dutton, p. 44.

32 E. Beyrich, Ueber die Lagerung der Kreideformation im schles. Gebirge, Abhandl. Berl. Akad. Wiss. 1854, S. 69; auch Kunth, Ueber die Kreidemulde bei Lähn in Niederschlesien; Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1863, XV, S. 743.

33 Spratt, Geol. of Varna, Quart. Journ. geol. Soc. 1856, XIII, p. 80.

34 E. Favre, Rech. géol. dans la partie centr. de la Chaîne du Caucase, 4°, 1875, p. 106; Etude stratigr. de la Partie Sud-Ouest de la Crimée, 4°, 1877, p. 66—72 (aus den Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Génève).

35 v. Dechen, Ueber grosse Dislocationen; Sitzungsber. niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde, 1881.

36 L. v. Ammon, Die Jura-Ablagerungen zwischen Regensburg und Passau; Abhandl. zool.-miner. Ver., Regensburg, 1875, X, S. 94—97.

37 F. L. Cornet et A. Briart, Sur le Relief du Sol en Belgique après les temps paléoz.; Annal. Soc. géol. Belg. 1877, IV, p. 71—115, pl. VI—XI.

38 Gosselet, Sur la structure générale du bass. houill. Franco-Belge; Bull. Soc. géol. fr. 1879—1880, 3e sér., VIII, p. 505.

VIERTER ABSCHNITT.

Vulcane.

Denudationsreihe. — Vesuv und M. Nuovo. — M. Venda. — Laccolithen. — Palandokän und Dary-dagh. — Whin Sill. — Die Hebriden. — Predazzo. — Die Spalte im Banat. — Syenitische Narbe von Brünn. — Elk Mountains und Harz. — Batholithen; Drammengranit; Vogesen; Erzgebirge. — Maculae. — Einsacken. — Die Reihe.

Die vulcanischen Eruptionen, die Aschenkegel und die Lavaströme unserer Feuerberge sind nur geringe und oberflächliche Anzeichen von grossen Vorgängen in der Tiefe des Erdkörpers, von deren näherem Wesen bis heute trotz der unermüdeten Thätigkeit so vieler Forscher doch nur gar unvollkommene Kenntniss gewonnen ist. Die verschiedenen Richtungen dieser Thätigkeit zu verfolgen ist jetzt nicht meine Aufgabe, aber es mag versucht werden, von den bekanntesten Vulcanbergen der Gegenwart ausgehend, so weit als thunlich durch die Auswahl entsprechender Beispiele die allmälige Entkleidung und Zerstörung eines vulcanischen Berges zu verfolgen. Dies ist einer jener Wege, welche zur Kenntniss des tieferen Schlotes und der abyssischen Vorgänge führen sollten, und mancher Punkt ist allerdings auf demselben bereits verständlicher geworden. Es ist also, wenn der Ausdruck gestattet ist, eine D e n u d a t i o n s r e i h e, welche ich aufsuchen möchte.

An früherer Stelle (S. 67) wurde mit einiger Ausführlichkeit jener Trichter und Sandkegel gedacht, welche auf Sprüngen in den Alluvien bei Erdbeben hervorgebracht werden. Die am 9. November 1880 bei dem Erdbeben von Agram im Gebiete der Save gebildeten Sandkegel waren nicht höher als 0·3 M. Manche dieser

kleinen Kegel waren vereinzelt, andere standen auf gemeinschaftlicher Basis oder waren auf einer kleinen linearen Spalte gekuppelt.[1]

Diese winzigen Kegel haben in Bezug auf den mechanischen Vorgang bei ihrer Entstehung eine grössere Aehnlichkeit mit unseren grossen vulcanischen Bergen, als man in der Regel zuzugestehen geneigt war. Spalten werden gebildet, und die zähe oder flüssige Masse dringt aus der Tiefe an einzelnen Stellen hervor; es mag die Umgebung nachsinken und dadurch das Emporquellen gesteigert werden.

Im Wesentlichen wiederholen sich diese Umstände bei den Vulcanen. Es entsteht durch Senkung oder auf andere Art ein Sprung; an einer Erweiterung desselben oder dort, wo er von einem Quersprunge gekreuzt wird, bietet sich die Gelegenheit zur Entlastung der mit gespannten Wasserdämpfen erfüllten Laven, und diese dringen hervor. Explosion und Zerstäubung erfolgt. Ein Aschenkegel wird aufgeschüttet; der Aschenkegel reisst an der Seite auf, oder der Rand seines Kraters wird überwältigt; ein Strom heissen Gesteins breitet sich an seinem Fusse aus; oftmals fehlt auch der Strom. Das ist in der Regel Alles. Aber es ist auch schon bemerkt worden, und Geikie hat es kürzlich wieder betont, dass die grossen Decken von Laven, welche da und dort über viele Quadratmeilen ausgebreitet angetroffen werden, nicht auf diesem Wege gebildet worden sind, sondern dass sich wahrscheinlich die Spalten selbst ihrer Länge nach öffneten.[2] In solchen Fällen möchte wohl auch durch das Nachsinken grösserer Gebirgstheile das Emporquellen vermehrt worden sein, wie bei den grossen Ergüssen an den Sprunglinien der Hochplateaux von Utah vorausgesetzt wird.

Man kann, die Aufschüttungskegel untereinander vergleichend, verschiedene Typen der Ausbildung unterscheiden, wie Vesuv und M. Nuovo, aber wenn irgendwie haltbare Ergebnisse erreicht werden sollen, darf nicht vergessen werden, dass auf diesem Gebiete jeder Versuch einer strengeren Schematisirung ein Irrthum wäre.

Berge mit Somma und Atrium, wie der Vesuv, bauen und verfestigen sich auf eigenthümliche Weise. Das Gebälke von

Laven, welches von der Asche verhüllt wird, hat ohne Zweifel einen recht verwickelten Bau. Jeder grössere seitliche Ausbruch eines solchen Berges schafft einen verticalen Eruptivgang, welcher wie eine Wand von dem Schlot bis zur äusseren Fläche des inneren Kegels, also bis zum Atrium reicht, — ferner einen kürzeren Strom von Ergüssen an dem äusseren Mantel des inneren Kegels, welcher unmittelbar aus den reihenweise gestellten Bocchen oder Eruptionsschlünden auf dem Eruptivgange hervortritt, — dann einen mehr oder minder geschlossenen Atrialring, welcher durch Ausbreitung im Thale des Atriums erzeugt wird, — endlich den grossen und freien Lavastrom, welcher durch die Scharte der Somma hervortritt und über den Abhang des äusseren Kegels herabfliesst.

Seit jenem grossen Ausbruche, welcher den Schlund der Somma des Vesuv erzeugte, sind an diesem Berge Ausbrüche dieser Art oft eingetreten. Im Laufe dieser Zeit ist durch den Aufbau des centralen Kegels das Atrium an den Wänden der Somma immer weiter nach aufwärts gerückt worden. Stärkere Ausbrüche und vorübergehende Zerstörungen des centralen Kegels haben diesen Vorgang öfters unterbrochen, aber das endliche Ergebniss ist doch Erhöhung des Atriums und zugleich Vergrösserung seines Durchmessers gewesen. Die im Atrium erstarrten Ergüsse haben Ringstücke von immer grösserem Durchmesser gebildet, und diese übereinander gelagerten Atrialringe setzen heute im Innern des Berges einen grossen, konischen und nach oben geöffneten Becher zusammen, welcher den centralen Kegel von dem äusseren Kegel absondert und alle jüngeren Eruptivgänge des Centralkegels umschliesst. Diese stehen mit ihrem unteren Theile in diesem Becher, vertical und zugleich strahlenförmig gegen den centralen Schlund.

Ein solches Gerüste kann selbstverständlich nur entstehen, wo aus ein und demselben Schlunde zahlreiche Ausbrüche einander folgen. Am M. Nuovo, in den Phlegräischen Feldern überhaupt, sieht man nichts Aehnliches. Es sind wenig Lavaströme vorhanden und viele Ausbruchstellen. Die Neigung zur Verlegung der Ausbruchstellen tritt auf das Deutlichste hervor. Der M. Nuovo ist nur ein ringförmiger Haufe von Asche und einigen Schlacken,

dessen Kraterboden erstaunlich tief, ja fast in der Tiefe des äusseren Fusses liegt, sich also nur wenig über das Meer erhebt.

Der Gegensatz von Vesuv und den Phlegräischen Feldern ist also sehr gross, und er ist auch allbekannt. Er liegt nicht nur in der Verschiedenheit der Laven, sondern ganz vorzüglich in der Beharrlichkeit des Schlundes am Vesuv und der Veränderlichkeit der Eruptivstellen in den Phlegräischen Feldern.

Der Grund hiefür muss aber in der Beschaffenheit der Spalten gesucht werden, und ein Vergleich mit den Liparischen Inseln bietet, wie sich bald zeigen wird, vielleicht einige Aufklärung. —

Nun wird ein solcher vulcanischer Kegel den zerstörenden Einflüssen ausgesetzt. Die Asche wird herausgewaschen; das steinige Gerüste mag sich erhalten, so weit es aus steilen Gängen besteht; die Ergüsse, welche auf Asche ruhen, stürzen ab. Auf dem Scheitel des Berges treten in strahlenförmiger Anordnung die Eruptivgänge hervor. Zugleich wird der Sockel des Vulcans rings um seinen Fuss blossgelegt.

Man sieht die Reste der Krone und man sieht einen Theil der Unterlage, aber man sieht nicht den Schlot. Dies ist der Zustand, in welchem sich der M. Venda in den euganäischen Bergen bei Padua befindet.

Sein Bau und seine Gesteine sind oft beschrieben worden, am eingehendsten von E. Reyer.[3]

Wir wollen die Unterlage betrachten.

Die tiefste sichtbare Felsart ist eine am westlichen Fusse, bei Fontana Fredda, entblösste Masse von Oligoklas-Trachyt. Ueber ihr folgen tithonische Lagen mit Phylloceras und Terebr. diphya, knapp den Trachyt auflagernd, flach nordwestlich geneigt, auf 2 bis 3 Fuss vom Trachyt in lichten körnigen Marmor umgewandelt, auf weitere 8 Fuss lichtblaugrau, minder marmorisirt, mit erkennbaren Petrefacten, noch höher oben von dem gewöhnlichen, knollig-flasrigen Gefüge der tithonischen Ablagerungen, doch sind auch in dieser Entfernung die Kalkknollen noch mehr oder minder marmorisirt. Es hat also der Oligoklas-Trachyt eine Veränderung am Contacte gegen oben ausgeübt und muss seitlich zwischen die Schichten hereingetreten sein.

Ueber dem Tithon liegt Biancone in starken Bänken, mit den bezeichnenden Fossilien des Neocom, dann eine Masse von Quarztrachyt, über welcher vielleicht noch etwas Neocom, dann die ganze Mächtigkeit der Scaglia folgt, als Vertreterin der höheren Theile der Kreideformation. Die Scaglia umschliesst mindestens zwei Massen von Trachyt, hievon die grössere gegen Nordwest. Knapp über der Scaglia liegt wieder Trachyt (M. Madonna, M. Grande u. A.). Das nächste Glied ist lichter, tertiärer Mergel, zuweilen einem Tuff ähnlich; er enthält fossile Blätter. In diesem Mergel liegt der Trachyt von Schivanoja. Darüber folgt der Hauptnummulitenkalk mit Fragmenten von Conolyp. conoideus und grossen Nummulinen. Hierauf tritt eine doleritische Einschaltung ein (Teolo, M. Oliveto, unter S. Antonio u. A.); es sind kleine Mengen dunkler basischer Laven vorhanden; die begleitenden dunklen Tuffe führen Orbitoiden und dürften beiläufig in den Horizont von Priabona zu stellen sein; diese dunklen Tuffe reichen an dem centralen Kegel des Venda ziemlich hoch hinauf und werden von seinen Eruptivgängen durchbrochen. Ueber dem doleritischen Tuff, in Bezug auf welchen mir noch nicht alle Zweifel darüber geschwunden sind, ob er nicht ein Ausläufer der grossen basischen Tuff- und Lavamassen des nahen vicentinischen Gebietes sei, folgt abermals Trachyt (M. Altorre, M. Guin u. A.). Dieser Trachyt ist der letzte; die vereinzelten Bergkuppen, welche er krönt, stellen Theile von Strömen dar, welche heute durch Erosion von dem centralen Kegel abgetrennt sind; ihre Entstehung ist gleichzeitig mit der Bildung der grössten Radialgänge (Pendise, Forche, Rua u. A.). Es folgt die rhyolithische Phase, das Aufschütten von weissem Tuff und die Bildung der Ergüsse von Rhyolith. Am Fusse des Sieve enthält der weisse Tuff Versteinerungen, welche demselben das Alter der Bryozoenschichten von Val di Lonte an der Basis der vicentinischen Oligocänschichten anweist. Das letzte Glied dieser langen Reihe endlich sind die schwarzen Laven (Sievit v. Rath), welche als Decke auf M. Sieve und den benachbarten Höhen erscheinen, und als Gänge, von glasigen Salbändern begleitet, den weissen Tuff durchsetzen.

Aus dieser Gesteinsfolge halte ich, wie gesagt, die tieferen Trachytmassen für seitlich eingetretene Lagermassen. Schon vor

längerer Zeit konnte gezeigt werden, dass hier eine grössere Menge von Oligoklas-Trachyt, seitlich zwischen die geschichteten jurassischen Kalksteine eindringend, eine bedeutende Masse derselben abgerissen, gleichsam schwimmend fortbewegt und an ihrer unteren Seite verändert habe. Das ist die am Contact veränderte tithonische Scholle von Fontana Fredda. Ebenso wurde damals erwähnt, dass grössere Massen von Trachyt seitlich keilförmig zwischen die auseinandertretenden Schichtflächen der Scaglia getreten seien, ja dass grosse Bruchstücke von Scaglia bei dieser Gelegenheit förmliche Breccien mit trachytähnlichem Bindemittel gebildet haben.[4] —

Anderen trachytischen Vulcanen Europa's fehlt entweder die Mannigfaltigkeit der Schichtgesteine des Sockels oder die günstige Erschliessung desselben. Um Vergleichungspunkte für diese seitlichen Ausbreitungen zu erhalten, wenden wir uns nach Amerika.

In den letzten Jahren ist, bei sehr erfreulicher Uebereinstimmung der Beobachter in Betreff der thatsächlichen Verhältnisse, eine Reihe merkwürdiger Entblössungen von in Sedimente eingeschalteten Laven durch unsere Fachgenossen in Nordamerika als ein besonderer Typus eruptiver Berge beschrieben worden. Allgemeine Darstellungen besitzen wir von Peale,[5] Gilbert[6] und Endlich[7] und gute örtliche Beschreibungen fehlen nicht. Es ergibt sich aus denselben, dass vereinzelte Bergmassen getroffen werden, welche in verschiedenen Horizonten, von der Kohlenformation bis zur oberen Kreide hinauf, das Eintreten postcretacischer Eruptivgesteine zwischen die Sedimente erkennen lassen. Am häufigsten findet dieses Eindringen in die weniger widerstandsfähigen Schiefer und Mergel der Kreideformation statt. Bald sieht man nur kleine Intrusivstöcke, bald schwellen sie in der Gestalt von halben Linsen oder von grossen Broden zu gar gewaltigen Massen an, und diese Massen sind es, welche Gilbert als ‚Laccolithen' bezeichnet. In der Regel stehen sie gruppenweise nahe um- und übereinander; in anderen Fällen trifft man sie einzeln. Die sedimentären Schichten wölben sich von den Rändern über den Laccolith herauf, und oft sind beträchtliche Theile der Kuppel über demselben erhalten. Zuweilen ist die Kuppel wohl auch von einem Netze radialer Sprünge durchbrochen, welche als sternförmig gestellte Gänge

den heutigen Denudationsrest überragen. Die meisten sichtbaren Laccolithen sind aus einer mächtigen Decke von lacustren Tertiärbildungen herausgewaschen, welche einstens weit und breit das Land bedeckte. Sie bestehen aus einer Felsart, welche von Endlich als ‚porphyritic trachyte‘ ausgeschieden, von Anderen schlechtweg als Trachyt bezeichnet wird; nur in wenigen Fällen sind sie aus Rhyolith gebildet. Man hat noch keine Laccolithen von basischen Laven gefunden.

Die wichtigsten Beispiele sind: die Berge um Park View Mount. auf der continentalen Wasserscheide zwischen North Park und Middle Park, Spanish Peaks vor dem Ostabhange der Rocky Mountains und nordwestlich von diesen die vulcanischen Berge des Huerfano-Gebietes, dann jenseits der Rocky Mountains, auf dem Colorado-Plateau, die isolirten Massen der Sierra la Plata, S. San Miguel, S. el Late, S. Carriso, S. Abajo, S. la Sal und westlich von diesen der Zug der Henry Mountains, welcher nahe östlich von der S. 169 Fig. 13 dargestellten Waterpocket-Flexur an dem Westrande des grossen Plateaus liegt. Manche dieser Bergmassen sind sehr hoch. Die Basis der San Miguelberge befindet sich in etwa 2400 M.; der höchste Gipfel, allerdings kein Laccolith, M. Wilson, erhebt sich auf dieser Basis bis zur Seehöhe von 4352 M. Der Gipfel der Spanish Peaks ragt aus dem weit niedrigeren Vorlande der Rocky Mountains zu 4152 M. empor.

Die Einschaltung der Eruptivmassen in das geschichtete Gebirge zeigt sich nun unter mannigfaltigen Abänderungen. Holmes hat eine lehrreiche Zeichnung der Abhänge des Hesperus Mount. in der Sierra la Plata (südwestliches Colorado) gegeben, welche deutlich die Einschaltung der Kante eines Laccolithen zwischen die cretacischen Schiefer mit ebener Grundfläche und gewölbtem Rücken zeigt, wobei jedoch über dem gewölbten Rücken in den gleichförmig gewölbten cretacischen Schichten zahlreiche kleinere Einschaltungen von Trachyt sich wiederholen.[8] Höchst anschaulich hat derselbe Beobachter geschildert, wie in der Sierra el Late (südwestlich von Sierra la Plata) die in den cretacischen Schiefer gedrungenen geschmolzenen Massen überfüllt sind mit Bruchstücken dieses Schiefers, dass aber alle Fragmente tieferer Sedimente fehlen, zum Anzeichen, dass die Kluft in der Tiefe scharf

abgegrenzt sei. Es ist hier keine volle Ueberwölbung sichtbar, und der tiefere Horizont der Schiefer ist dem Eruptivgesteine so innig beigemengt, dass er gleichsam von demselben aufgezehrt wird.

Noch weiter gegen Südwest, in der Sierra Carriso, sind die höheren Theile der Kreideformation gänzlich entfernt, und sieht man die Trachytmassen eingeschaltet in Schichten von der unteren Kreide bis zur Trias hinab.[9]

Die Spanish Peaks, weit im Osten, sind durch die radialen Gänge auf ihrer Oberfläche besonders ausgezeichnet. Sie wurden von Endlich beschrieben. Es sind zwei Spitzen, deren beträchtliche Höhe und deren Lage nahe vor dem östlichen Fusse der Rocky Mountains, oder vielmehr der Sangue de Cristo-Kette, bereits erwähnt worden ist. Der östliche Berg besteht aus Eruptivgestein, der westliche vorherrschend aus sedimentären Schichten, namentlich aus Sandstein und Schiefer von carbonischem Alter. Diese Schichten sind nach ihren Fugen auseinandergetrieben, grosse eruptive Keile sind eingedrungen, das oberhalb liegende Gewölbe wurde gesprengt, und hier bildete sich ein Netz von Gängen, welches bis in die cretacischen Schichten hinaufreicht und welches vielleicht bei seiner Bildung nicht in allen Theilen die Oberfläche erreichte, während auf anderen Gängen ein Ausquellen zu Tage stattgefunden zu haben scheint.[10]

Das ausführlichste Bild besitzen wir von der Reihe der Henry Mountains in Gilbert's monographischer Beschreibung derselben. Es sind dies fünf Bergmassen, welche sich in beiläufig gleicher Entfernung von der grossen Waterpocket-Flexur auf dem hier 1500 M. hohen Plateau in ihren höchsten Gipfeln bis zu 3429 M. (M. Ellen) und 3398 M. (M. Pennell) erheben. Die Waterpocket-Flexur ist mit einer Senkung des Ostflügels bis zu dem Betrage von 7000 Fuss (2134 M.) verbunden, und die Henry Mountains stehen auf dem flach lagernden gesenkten Theile.

Die Laccolithen liegen in Gruppen über und neben einander und bilden den Kern dieser Berge. M. Ellen zählt vielleicht dreissig derselben, M. Holmes deren zwei, M. Ellsworth einen, M. Pennell und M. Hillers je einen grossen und mehrere kleine. Sie reichen nach der Höhe des Lagers vom Carbon bis zur Kreide, aber die Zeit ihrer Bildung ist durchwegs postcretacisch. In Ells-

worth und Holmes sind vollständige Ueberwölbungen durch sedimentäre Schichten vorhanden. Hillers' Laccolith ist der grösste; er ist zur Hälfte entblösst; seine Höhe wird über 2000 M., seine Basis auf 6·4 und 5·6 Km. geschätzt. Von diesem gibt es Uebergänge bis zu den kleinsten eingeschalteten Lagergängen. Wo immer die vulcanischen mit den sedimentären Felsarten in Berührung treten, sind die letzteren verändert. Die Laccolithen liegen hier ohne Ausnahme in den minder widerstandsfähigen Schieferhorizonten, nie in den sie trennenden festeren Sandsteinbänken. Eine schematische Darstellung zeigt den grossen Laccolithen von M. Hillers mit seinen kleinen Begleitern, von welchen der tiefste

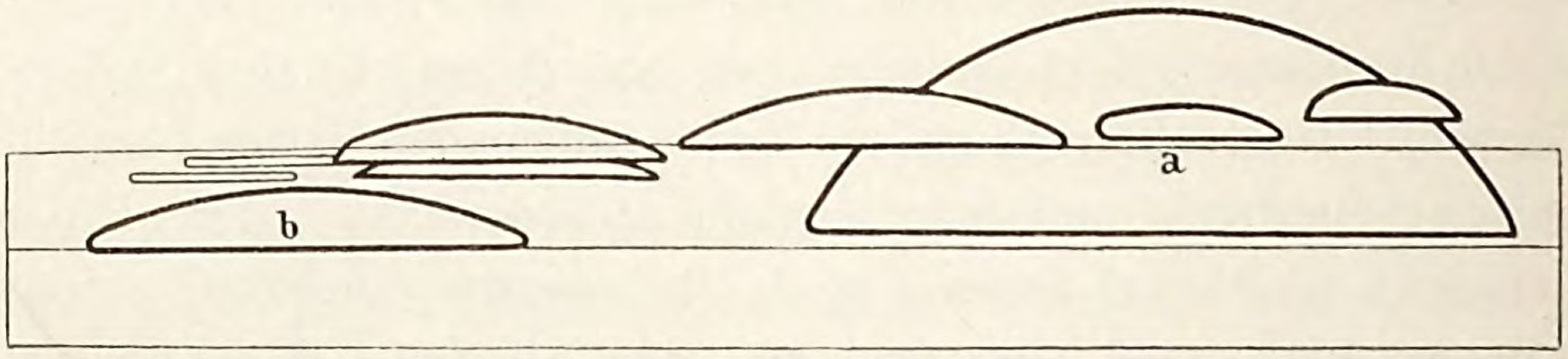


Fig. 18. Die M. Hillers-Gruppe von Laccolithen (nach Gilbert).
a Hillers' Laccolith, und *b* Pulpit Lacc, umgeben von kleineren Intrusivmassen.
Die unterste Horizontallinie ist die Meeresfläche, die zweite die obere Grenze des Carbon, die höchste die obere Grenze der Juraformation.

auf der Oberfläche der Steinkohlenformation, der höchste aber etwa 300 M. über der Basis der Kreideformation ruht.

Wir sind gewohnt, vulcanische Eruptionen an Senkungen auftreten zu sehen. So ist es auch in dem weiten Gebiete der Basin Ranges, westlich vom Colorado-Plateau, welches hier noch nicht zu besprechen Gelegenheit war, und auf welchem gefaltetes Gebirge auf langen Brüchen in fast meridian verlaufenden Streifen niedersinkt. ‚Einzelne Ketten,' berichtet Clar. King, ‚wurden in drei bis vier Blöcke zertheilt, welche Tausende von Fussen unter die anderen hinabsanken. Die grössten rhyolitischen Ausbrüche begleiten diese Stellen der Versenkung. Wo ein grosser Gebirgsblock abgelöst wurde von seiner Umgebung und in die Tiefe sank, dort sind die Rhyolithe über denselben hingeflossen und haben sich grosse Anhäufungen von Auswürflingen aufgebaut. . . . Es gibt einige wenige Fälle, in welchen Gebirgszüge gespalten wurden und durch Gänge ein begrenzter Ausfluss stattfand über hohe Gipfel; aber die allgemeine Regel war, dass

die grossen Ejectionen in den gesenkten Gebieten eintraten. Solche rhyolitische Ejectionen haben Berggruppen aufgebaut, 3000—6000 Fuss mächtig, in Blöcken von 70—80 Miles (113 bis 129 Km.) Länge.‘ [11]

Aehnlich ist auch die Regel bei den grossen Ausbrüchen, welche die Hauptsprünge des Colorado-Plateaus begleiten, und es ist nicht thunlich, den Vorgang bei der Eruption der gewaltigen, aus Sprüngen hervorgetretenen Decken zu trennen von dem Vorgange des Eindringens der Laccolithen, welches an vereinzelten Stellen, ausserhalb dieser Hauptsprünge, sich vollzogen hat. Es hat Dutton diesen Umstand ganz richtig erkannt. Ich stimme unter dem Eindrucke jener Vorgänge am Vesuv, welche durch so lange Zeit vorbereitend den Ausbrüchen vom 1. und 17. April 1871 vorhergegangen sind, gerne der Ansicht bei, dass man geneigt ist, die Kraft zu überschätzen, welche dem Wasserdampfe in der Lava zugeschrieben wird. Das Heraustreten derselben auf viele Meilen langen Spalten erfolgt höchst wahrscheinlich nach den einfachen Gesetzen der Hydrostatik, wobei das Hinabsinken des Gebirgsblockes selbst eine wesentliche Rolle bei dem Emporquellen der geschmolzenen Unterlage spielen muss. Es bleibt die Frage, ob der Druck, welcher durch sinkende Gebirgsmassen auf solche Lavamassen ausgeübt wird, welche nicht zum Durchbruche gelangen, jene Intrusionen hervorzubringen vermag, welche eben besprochen worden sind. [12]

Wir wollen nun zu den euganäischen Bergen bei Padua zurückkehren.

Die Unterschiede von den amerikanischen Vorkommnissen liegen zuerst in den ausserordentlich viel kleineren Dimensionen der euganäischen Intrusivmassen, ferner in dem Mangel von minder festen Schichten in dem gänzlich aus geschichtetem Kalkstein aufgebauten Sockel, endlich darin, dass die Radialgänge des Scheitels auf dem Venda nicht wie etwa auf den mächtigen Spanish Peaks aus der Sprengung der sedimentären Kuppel hervorgegangen sind, sondern aus einander folgenden Eruptionen innerhalb eines Aschenkegels. Im Wesen aber sind die Vorgänge, welche zur seitlichen Intrusion geführt haben, offenbar ganz ähnliche gewesen, und mag man daher allerdings in den Euganäen von Laccolithen

im Tithon, im Biancone und in der Scaglia sprechen, wenn sie auch hier sich nicht allzusehr von dem alten Begriffe der Lagergänge entfernen. —

An die Vorstellungen von Auftreibung der sedimentären Decke durch vulcanische Intrusion knüpft sich leicht eine Gedankenreihe, welche der alten Anschauung von einer gewissen erhebenden Thätigkeit der Laven und von der Bildung der sogenannten Erhebungskratere parallel zu laufen scheint.

,Man kann,' sagt L. v. Buch, ,die ganze Gruppe der Canarischen Inseln nicht anders betrachten, als eine Sammlung von Inseln, welche nach und nach und einzeln aus dem Grunde der See erhoben worden sind. Die Kraft, welche eine so bedeutende Wirkung hervorzubringen vermag, muss sich lange im Innern sammeln und verstärken, ehe sie den Widerstand der daraufdrückenden Masse überwältigen kann. Daher reisst sie auf dem Grunde des Meeres, wohl auch tiefer im Innern, zwischen anderen, gebildeten basaltischen und Conglomeratschichten bis über die Oberfläche empor und entweicht hier durch den gewaltigen Erhebungskrater. Eine so grosse erhobene Masse fällt aber wieder zurück und verschliesst bald die nur für solche Kraftäusserung gebildete Oeffnung. Es entsteht kein Vulcan. — Der Pic aber steigt aus der Mitte eines solchen Erhebungskraters als ein hoher Dom von Trachyt herauf. Nun ist die fortdauernde Verbindung des Innern mit der Atmosphäre eröffnet. . . .' [13]

L. v. Buch unterscheidet also: Auftreibung des Bodens, Einsturz und Verschluss, dann Eruption in der Mitte des Einsturzes. Die Vorstellung erwuchs aus der Grossartigkeit der Sommakränze; nur in der ersten dieser drei Phasen wird der vulcanischen Masse eine örtlich umgrenzte, activ erhebende Kraft zugeschrieben.

In diesem beschränkten Sinne, ohne Beziehung auf die als bereits bestehend gedachten grossen Züge der Gestaltung der Ketten und Brüche und nur so weit örtliche Erhebung und nachfolgender Einsturz in Betracht kommen, ist diese ältere Anschauung wieder hervorgetreten in jener bewunderungswürdigen Darstellung des armenischen Hochlandes, mit welcher H. Abich in neuester Zeit unsere Wissenschaft bereichert hat. [14]

Zwei Bergmassen sind es, auf welche Abich hiebei sich beruft: der Palandokän südlich von Erzerum und der Dary-dagh bei Djoulfa.

Das Gebirge südlich von Erzerum ist aus cretacischem Kalkstein, aus Gabbro und Serpentin gebildet, über welche weithin tertiäre Eruptivgesteine ausgebreitet sind. Aus diesen besteht auch der mächtige Palandokän (2947 M.), und unter seinem Gipfel gegen West öffnet sich ein grosser Krater. Seine längere Axe misst 9—10 Km. Im Innern dieses gewaltigen Kraters aber und umgeben von den vulcanischen Massen seiner steil abfallenden Ränder trifft man klippenförmige, in Marmor umgewandelte Massen von Kalkstein und Alabaster, in Verbindung mit Serpentin, grünlichem chloritischem Schiefer und kieselreichen Gesteinen der Gabbrogruppe, also die Felsarten des Grundgebirges. Sie bilden wesentliche Bestandtheile des Kraterbaues und sind ‚durch die vulcanischen Massen überwältigt, die das Grundgebirge anscheinend gehoben, auseinandergedrängt und nach Süden wie nach Norden hinausgeschoben haben.‘ [15]

Hievon wesentlich verschieden ist das zweite Beispiel.

Im Thalgebiete des Araxes, südlich von Nachitschevan, liegt über dem dislocirten paläozoischen Gebirge eine Serie, welche mit eocänem Nummulitenkalk beginnt und deren jüngstes Glied die salzführenden Ablagerungen der Miocänzeit sind. Rothe Conglomerate, fast ausschliesslich aus Trachyt gebildet, sind dieser tertiären Serie eingeschaltet und gelten als Anhaltspunkt zur Feststellung des Alters der nahen Trachytberge. Drei Trachytberge von pfeilerförmiger Gestalt und etwa von Nordnordwest gegen Südsüdost aneinandergereiht, erheben sich östlich von Nachitschevan über das tertiäre Land: Nagajir, Asabkew-dagh und Ingatasch; sie stehen auf einer gemeinsamen Längenanschwellung des Bodens. Ihnen folgen gegen Ost und Südost noch zwei ähnliche Berge, Ylanly- und Alanja-dagh. In der Fortsetzung der ersten Serie gegen Südsüdost und als sichtbare Fortsetzung derselben ragt östlich von Djoulfa der Dary-dagh (1943 M.) hervor. Seine Zusammensetzung ist jedoch gänzlich verschieden von jener der Trachytpfeiler, als deren Fortsetzung er erscheint. Er besteht gänzlich aus den Schichten der transgredirenden Serie, nämlich

aus Nummulitenkalk und den trachytischen Trümmergesteinen; diese sind zu einem mächtigen Gewölbe aufgebogen, das von einem nordsüdlich verlaufenden Bruche durchschnitten ist, mit Absenkung des westlichen Theiles. Auf der Bruchlinie wird nicht eruptives Gestein sichtbar, sondern Thonmergel mit Gyps und mit Arsenverbindungen.[16]

Da die trachytischen Trümmerschichten ebenfalls theilnehmen an der Wölbung des Dary-dagh, dieser also jünger sein muss als alle oder wenigstens ein Theil der trachytischen Eruptionen, werden wir hier zu der Vermuthung wiederholter Dislocationen auf derselben Linie geführt, nämlich älterer Brüche, auf welchen Nagajir und seine Genossen hervortraten, auf deren Kosten die trachytischen Conglomerate und Breccien des Dary-dagh gebildet wurden, dann der Wölbung dieser Trümmergesteine selbst, dem Einsturze der Wölbung und endlich den Arsenemanationen.

Palandokän zeigt also Ueberwältigung, Durchdringung und weitgehende Contactveränderung der Sedimente, wie wir sie bald in der eruptiven Spalte des Banates wieder finden werden; Dary-dagh ist verschieden, deutet auf wiederholte Bewegungen des Gebirges vor und nach den Eruptionen, ohne dass, wie mir wenigstens scheint, eine active Gebirgsauftreibung durch Laven nothwendiger Weise angenommen werden müsste.

Nach dieser Abschweifung setzen wir die Betrachtung der Intrusionen fort und kommen nun zu jenen, welche von basischen Felsarten veranlasst werden.

Obwohl man aus Amerika basische Vorkommnisse noch nicht beschrieben hat, kennt man doch solche aus Europa. In Kohlenwerken sieht man basaltische Eindringlinge nicht selten. Im Allgemeinen nehmen aber basische Intrusionen nicht die Gestalt mächtiger Brode oder Linsen an, wie die trachytischen Laccolithen, sondern sie breiten sich bei viel geringerer Mächtigkeit über weit grössere Flächen aus, so dass man sie oft schon für gleichzeitige Bildungen gehalten und ihre spätere Einschaltung verkannt hat. Die basischen Intrusionen verhalten sich also ihrer Gestalt nach zu den trachytischen ähnlich wie die zu Tage sich bewegenden Laven, und es mag dieser Umstand wohl in der allge-

mein beobachteten grösseren Beweglichkeit der basischen Massen begründet sein.

Hier mag es genügen, ein einziges, allerdings ein grosses und merkwürdiges Beispiel zu nennen. Es ist dies die ausgedehnte Basaltlage, welche dem unteren Theile der Carbonformation in Northumberland eingeschaltet und als der Whin Sill bekannt ist. Durch lange Zeit schwankten die Meinungen darüber, ob der Whin Sill als ein dem Kohlenkalke gleichzeitiger deckenförmiger Erguss, oder ob er als ein Lagergang von ausserordentlichen Dimensionen anzusehen sei, bis die genaueren Aufnahmen der Grafschaft durch Topley und Lebour die Richtigkeit der letzteren Ansicht nachwiesen.

Der Whin Sill ist mit untergeordneten Unterbrechungen auf eine Erstreckung von 120—130 Km. bekannt. Er erreicht eine Mächtigkeit von 23 M. und darüber und keilt gegen Westen aus. Die Einschaltung erfolgt auf grosse Strecken zwischen die Schichtfugen des Kohlenkalkes und der begleitenden Lagen von Sandstein und Schiefer; es erscheinen Veränderungen am Contact nicht nur nach unten, sondern auch nach oben, und werden wohl auch kleinere Gänge gegen oben abgegeben. Es hält sich aber der Whin Sill nicht, wie man einstens glaubte, an dieselbe Schichtfuge; er steigt in den mächtigen Ablagerungen der Carbonzeit nach oben und sinkt wieder tiefer, so dass die äussersten verticalen Schwankungen, welche er erfährt, nicht weniger als etwa 520 M. betragen.[17]

Die ausserordentliche Verbreitung des Whin Sill scheint mir aber die Frage anzuregen, ob auf so grosse Entfernung vom Eruptionsherde hin wirklich an eine auftreibende, Tausende von Fussen erhebende Kraft gedacht werden darf, deren Träger eine Lavamasse von doch nicht gar bedeutender Mächtigkeit wäre. Es dürfte auch hier die Annahme näher liegen, dass das heutige Auftreten des Whin Sill den Verlauf eines schrägen Sprunges bezeichne, welcher auf grosse Strecken den Schichtfugen gefolgt, wiederholt jedoch in andere Horizonte übergesprungen ist, und welcher von dem einströmenden Basalt erfüllt wurde. Sprünge dieser Art mögen gar leicht, namentlich durch Schleppung an Brüchen, entstehen. Ob dann auf diese die Bezeichnung ‚Intrusion‘

mit vollem Rechte angewendet werden darf, mag vorläufig unbesprochen bleiben; ich würde die Bezeichnung ‚Injection' vorziehen. —

Alle diese Intrusionen oder Injectionen gehen in irgend einer Gestalt seitlich vom Schlote ab; zu diesem gelangen wir jetzt.

Es ist kein Vulcan bekannt, welcher so tief erodirt wäre, dass sein Schlot sichtbar, und welcher noch von strahlenförmig gestellten Eruptivgängen gekrönt wäre, wie der M. Venda. Allerdings gibt es aber Fälle, in welchen, nach Zerstörung des Aschenkegels und seiner Gänge, und nach Blosslegung des Schlotes, der Zusammenhang mit den umgebenden Lavaströmen dennoch kennbar geblieben ist. Diese müssen den Ausgangspunkt bilden.

Auf den inneren Hebriden breiten sich, insbesondere auf Skye und Mull, grosse basaltische Ströme aus; die Basalte im nordöstlichen Irland sind wahrscheinlich als ihre Fortsetzung anzusehen. Unter diesen Strömen sind die Reste mesozoischer Ablagerungen erhalten worden, welche ohne den Schutz dieser Decken von dem paläozoischen Untergrunde hinweggefegt worden wären. Die nahe Westküste von Schottland besteht fast ausschliesslich aus dem entblössten alten Gebirge.

Judd hat gezeigt, dass aus diesen vulcanischen Ergüssen vier granitische Massen auf einer beiläufig von Süd gegen Nord laufenden Linie sich erheben, welche die Kerne von ebenso vielen grossen Feuerbergen darstellen. Sie sind: der Vulcan der Insel Mull, jener der Halbinsel Ardnamurchan, dann jener der Insel Rum und der Insel Skye. Die Entfernung der Mitte der nördlichsten dieser vier Ausbruchsstellen von der Mitte der südlichsten, also die Länge des hier erkennbaren Theiles einer grossen vulcanischen Linie, beträgt beiläufig 88 Km. Diese Linie setzt sich aber vermuthlich nach Nord und nach Süd noch weiter fort. Jeder dieser granitischen Kerne ist in Verbindung mit später heraufgedrungenen basischen Felsarten, namentlich Gabbrogesteinen; die Masse von Mull ist vielfach von denselben durchzweigt; an den nördlichen Massen steht der basische Stock neben dem Granit und gibt Gänge in denselben ab. In der Nähe dieser Eruptionspunkte sind die sedimentären Felsarten sehr verändert und die basaltischen Gänge ausserordentlich gedrängt. Der Bildung der granitischen Massen scheint

eine Zeit der Ruhe und Denudation gefolgt zu sein, bevor die basischen Ausbrüche eintraten. Diese ereigneten sich auf trockenem Lande; überwältigte Wälder und Lagen mit miocänen Pflanzen an ihrer Basis geben hievon Zeugniss. Die grössten Aschenkegel, jene von Mull und Skye, dürften über 4000 M. Höhe erreicht haben.[18]

Diese granitischen Massen geben auch wirkliche Laccolithen in die mesozoischen Schichten ab.

Schon im Jahre 1871, bevor Judd die Bedeutung der granitischen Kerne dargelegt hatte, erkannte hier Geikie ‚amorphe' intrusive Massen, aus Syenit, Felsit oder Quarzporphyr bestehend, welche, durch unregelmässige Brüche gedrängt, keine parallelen Grenzflächen bilden. Solche Massen werden erwähnt auf der Insel Raasay, welche nördlich vom Vulcane von Skye liegt, auf Skye selbst und auf Eigg, dann zwischen den Vulcanen von Rum und von Ardnamurchan. Insbesondere werden auf Eigg drei solche Felsitmassen beschrieben, welche aus den umgebenden Basalten aufragen. Die grösste, 50—70 M. hoch, bildet das nördliche Ende

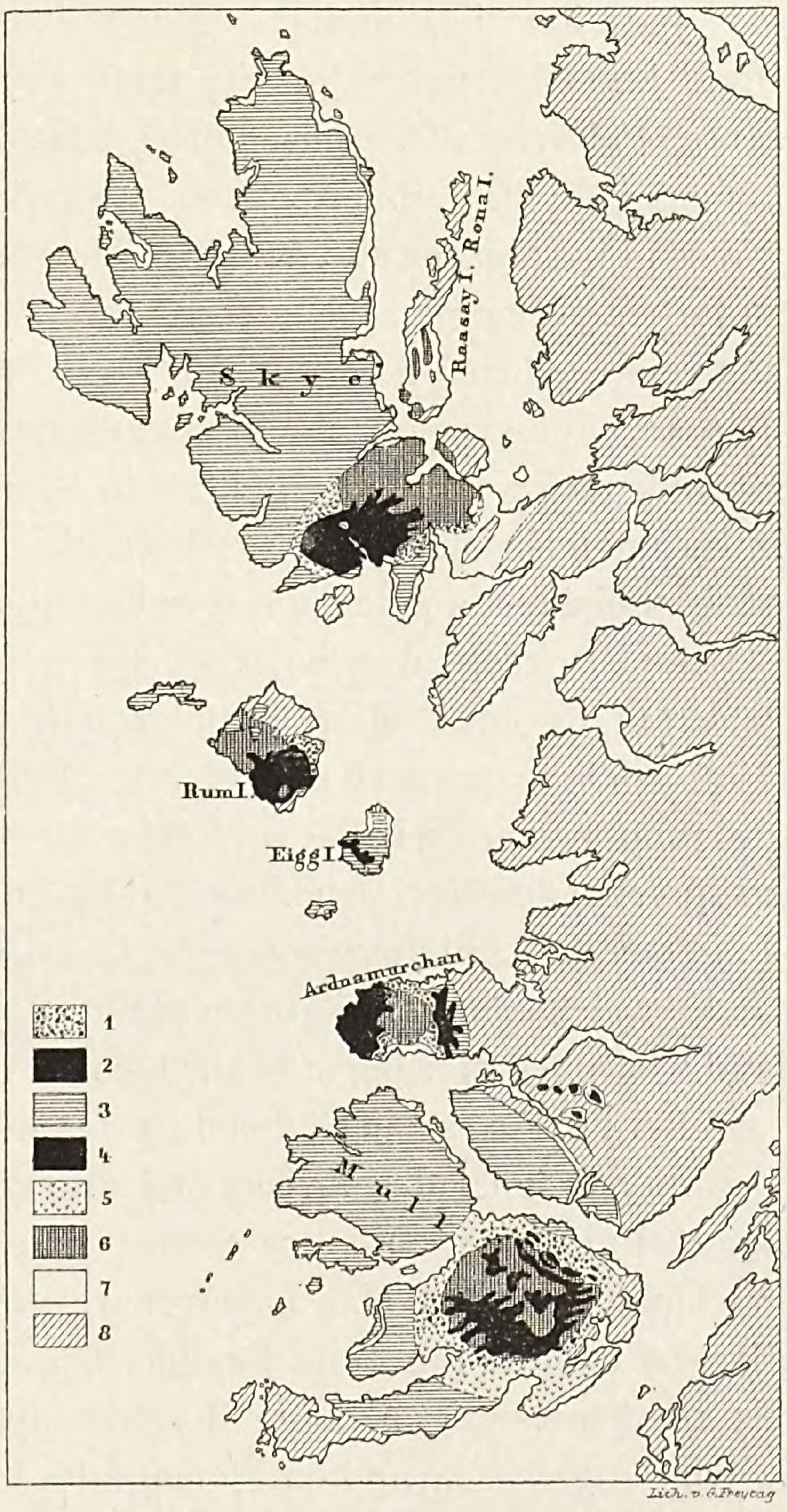


Fig. 19. Die Vulcane der inneren Hebriden (nach Judd).

1. Vulcanische Tuffe und Agglomerate.
2. Jüngste eruptive Felsarten (hauptsächlich östliche Ausbruchstelle auf Ardnamurchan).
3. Basische Laven.
4. Basische Ausbrüche.
5. Saure Laven.
6. Saure Ausbrüche.
7. Mesozoische und carbonische Schichten.
8. Alte Felsarten.

der Insel und ‚scheint annähernd längs der Schichtfläche der oolithischen Schichten aufgestiegen zu sein und auf diese Art selbst eine grosse rohe Lage zu bilden‘.[19]

Judd hat die Einschaltung dieser Massen in die mesozoische Serie bestätigt und schon im Jahre 1874 gezeigt, dass hier die sauren Felsarten dicke, linsenförmige Intrusivmassen bilden, welche auf mässige Entfernungen vom Eruptivstocke beschränkt sind, während basaltische Laven den Schichtfugen auf grosse Strecken zu folgen vermögen. Die ersteren bestehen nach diesen Angaben aus verschiedenen Abarten von Felsit, mehr oder minder quarzführend, häufig von porphyritischer Structur und durch eingestreute Hornblendekrystalle übergehend in Syenit-Granit. Die basischen Intrusionen sind fast immer doleritisch, mit viel Olivin und Uebergängen einerseits in feinkörnigen Gabbro, anderseits in Basalt.

Es ist gesagt worden, dass die basischen Laven dieser Vulcane auf tertiären blattführenden Schichten liegen; in gleicher Weise sieht man auf den Faröer-Inseln Braunkohle-führende Ablagerungen eingeschaltet zwischen basaltische Laven, und die entsprechenden Vorkommnisse auf Island sind allgemein bekannt. Es geben diese Bildungen Zeugniss von einem ausgedehnten Festlande, welches in der späteren Hälfte der Tertiärzeit von Schottland weit nach Norden sich ausdehnte.[20] —

Bei Predazzo in Südtirol ist durch das von Nord gegen Süd verlaufende Thal des Avisio und durch das von Osten einmündende Val Travignolo der Schlot eines Vulcanes der Triaszeit erschlossen. Es ist eine wunderbare Stelle. Seit im Jahre 1823 Marzari-Pencati die erste Schilderung derselben lieferte, ist sie bis zu dem heutigen Tage der Schauplatz stets erneuter Forschungen gewesen, und die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen ist noch lange nicht geklärt.[21]

Hier können nur wenige Hauptzüge der Structur angeführt werden. Für die folgenden Erörterungen knüpft sich in Predazzo das Interesse hauptsächlich an den Umstand, dass mitten in den Alpen das Alter eines eruptiven Stockes von Granit und Syenit mit Bestimmtheit ermittelt werden kann.

Avisio und Val Travignolo treffen sich ganz nahe bei dem Städtchen Predazzo. Den Hauptrücken westlich vom Avisio bildet

der Dosso Capella mit dem gegen Predazzo gewendeten Abhange ai Canzocoli; südlich vom Val Travignolo erhebt sich die Malgola, nördlich der Mulat. Fig. 20 ist von Osten her aus Val Travignolo gezeichnet; links steht die Malgola, rechts der Mulat, ai Canzocoli und der Dosso Capella in der Mitte. Es sind nur drei Haupttypen von eruptivem Gestein auf dieser kleinen Skizze unterschieden, nämlich Granit, Syenit (Monzonit) und Melaphyr. Die zahlreichen Gänge und untergeordneten Abänderungen darzustellen, fällt nicht in den Kreis meiner Aufgabe. Es ist links der Mulat bis zu seiner Spitze aus den Ablagerungen der unteren Trias gebildet; sein Abhang gegen Predazzo dagegen besteht

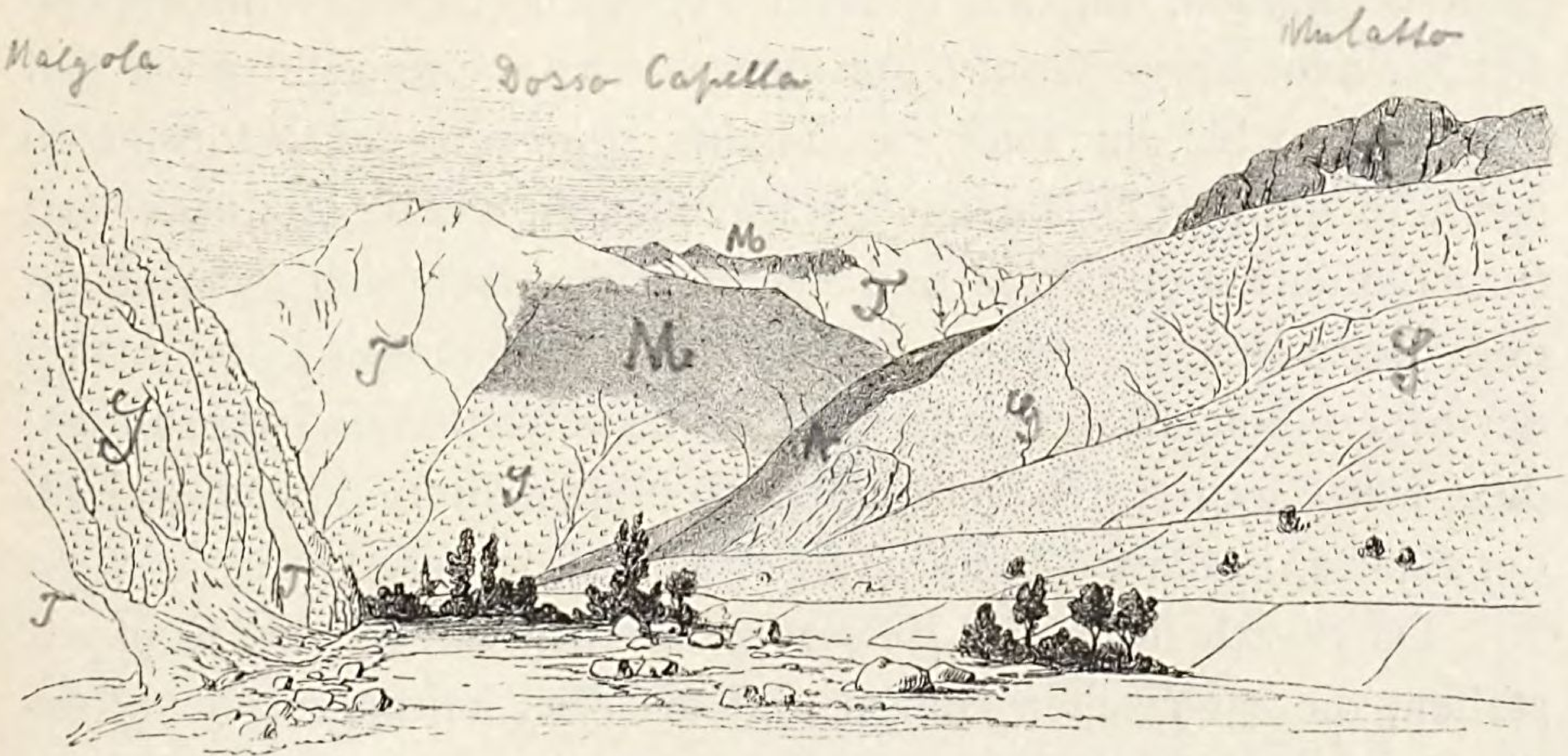


Fig. 20. Predazzo (Südtirol).

Blick von der Boscampobrücke im Travignolthale gegen die Mitte der alten Ausbruchstelle. Links: Malgola, Syenit und Triaskalk (weiss); rechts: Mulatto, Syenit, Granit (fein punktirt) und dunkle Augitgesteine; in der Mitte: Dosso Capella, Contact von Triaskalk und Syenit an den Canzocoli; über dem Syenit Melaphyr; im Hintergrunde: Melaphyrdecke auf Triaskalk.

aus eruptivem Syenit; die Linie des Contactes, der Marmorisirung der Triaskalke u. s. w., also die äussere Grenze des Eruptivstockes geht quer über den Berg. Der Syenit umschliesst an diesem Abhange eine grössere und viele kleinere Schollen von marmorisirtem Triaskalk und zahlreiche, steil aufsteigende Gänge von fleischrothem Orthoklas-Porphyr, welche den Eindruck zurücklassen, als gingen sie von dem Granitstocke aus, welchem wir sofort auf der anderen Thalseite begegnen werden.

Ebenso scharf und deutlich lässt der in der Mitte der Skizze, im Hintergrunde jenseits Predazzo, sichtbare Dosso Capella die Umgrenzung des Eruptivstockes erkennen. Dieselbe zieht über

den Berg schräg nach aufwärts. In dem unteren Theile des Abhanges ist es eruptiver Syenit, welcher an den Kalkstein tritt, und hier befindet sich an der Stelle ai Canzocoli der seit vielen Jahren berühmte Hauptfundort der Silicate der Contactzone; höher oben grenzt der Kalkstein an Melaphyr. Hinter Dosso Capella sieht man rechts auf den Höhen Melaphyr auf Kalkstein; dies ist schon ein Theil der von dem Vulcan ausgegangenen Lavaströme. In der Tiefe des Avisiothales kommt unter dem Syenit ein Granitstock hervor; er ist aber hier durch den Fuss des Mulatto verdeckt.

Rechts auf der Höhe des Mulatto stehen in auffallenden, nicht allzuhohen, dunklen Wänden augitische Gesteine an, welche sich in einem langen Gange gerade an dem vorspringenden Rücken des Mulatto bis zur Tiefe des Thales gegen Predazzo fortsetzen und alle tieferen Felsarten durchschneiden. Diese letzteren sind turmalinführender Granit und Syenit; sie setzen sich auf der andern Seite des Berges gegen den Fuss des Dosso Capella und der Sforzella fort. Der ganze Mulatto ist vulcanischen Ursprunges; die Grenze gegen den Triaskalkstein liegt nahe rechts ausserhalb der Skizze, in einer Thalfurche gegen M. Viezzena.

Die Vertheilung der Felsarten, die Silicate an den Contactstellen, die zahlreichen Gänge und die Einschaltungen der Melaphyrlaven und der Tuffe in die Triasbildungen lassen keinen Zweifel über den eruptiven Ursprung, den genetischen Zusammenhang und das Alter dieser merkwürdigen Vorkommnisse. Sie wiederholen sich unmittelbar im Nordosten am M. Monzoni, mit prachtvoller Entwicklung seitlicher Gänge, doch ohne dass Granit sichtbar würde. Der Bestand von Laccolithen wurde in diesem Gebiete noch nicht erwiesen.

Nachdem, wie das Beispiel der Finsteraarhorn-Masse lehrt, die Umwandlung petrefactenführender, geschichteter Kalkablagerungen in weissen Marmor an der Grenze von Granitmassen durch Druck erfolgen mag, liegt in dem Erscheinen der krystallisirten Silicate in der Contactzone das entscheidendste Merkmal der eruptiven und vulcanischen Natur der Syenitmasse von Predazzo. Dasselbe Merkmal kommt aber auch einem Theile des Saumes der gewaltigen Masse des Adamello zu.

Der Stock des Adamello erhebt sich zwischen Val Camonica und dem Judicarienthale auf der Grenze der Lombardei und des südwestlichen Tirol. Die Haupterstreckung ist gegen Nordnordost gerichtet und folgt nahe der östlich liegenden grossen Bruchlinie der Judicarien. Die bemerkenswertheste Felsart dieses Gebirgsstockes ist leicht kennbar durch zahlreiche kurze und dicke Säulen von dunkler Hornblende und dunkle Glimmerblätter in weisser Grundmasse. G. v. Rath hat diese Felsart Tonalit genannt; Zirkel betrachtet sie als dem quarzführenden Diorit zunächst stehend. [22]

Wo in seinem südöstlichen Theile der Tonalitstock des Adamello mit Triaskalkstein in Berührung kommt, erscheinen die Contacterscheinungen von Predazzo wieder. Die Skizzen, welche Lepsius aus Val Bona und Val Bondol veröffentlicht hat, lassen keinen Zweifel über die Uebereinstimmung des Wesens der Vorkommnisse in beiden Gebieten. So sieht man z. B. an dem Südabhange der aus Tonalit bestehenden Cima Bruffione in Val Bondol diesen mit steiler Grenze in Contact treten mit triadischen Knollenkalken, welche steil gegen den Tonalit geneigt, in Marmor umgewandelt und mit Contactsilicaten imprägnirt sind. [23]

Wir werden bei der Besprechung der Südalpen diesen bemerkenswerthen Umstand wieder zu berühren haben.

Die Vulcanenreihe der Hebriden lässt zugleich die Lage der Schlote und Reste der ergossenen Laven erkennen; ihre Thätigkeit erstreckt sich in die miocäne oder eine noch spätere Zeit. Die Vulcane von Predazzo und dem Monzoni lassen ebenfalls ihre Schlote erkennen, und obwohl ihr Alter unvergleichlich viel höher ist als jenes der Hebriden-Vulcane, sieht man dennoch auch hier die zugehörigen, der Triasformation eingeschalteten Laven und Tuffe.

In einem ähnlichen Grade der Entblössung befindet sich die von Peters und Posepny geschilderte Ausbruchstelle von Rézbanya im südöstlichen Ungarn, in welcher wir nun zum ersten Male in der hier angeführten Reihe von Beispielen Erzlagerstätten in unmittelbarer Verbindung mit dem Eruptivstocke in der Aura des vulcanischen Contactes antreffen. Felsarten, welche Peters als Syenit und Syenitporphyr bezeichnet, verändern ihre Umgebung

und lassen an dem Neocomkalkstein das für den vulcanischen Contact bezeichnende Gemenge von Wollastonit, Granat und blauem Kalkspath erscheinen.

Die langen und dünnen Gänge von Eruptivgestein, welche in die Spalten des Gebirges eindringen und spitze Keile desselben umschliessen, sind für Posepny ein erneuter Beweis, dass diese Eruptivmassen nicht treibende, sondern getriebene Massen seien. Die Senkung eines benachbarten Gebietes sei Veranlassung zu solchen Eruptionen, die Eruptivmasse selbst aber sei durch den Druck der sinkenden Masse in die Gänge eingepresst.[24]

Südlich von dem aus Siebenbürgen hervortretenden Temesflusse zieht sich durch das Banat ein Gebirgszug zur Donau herab, dessen höchster Gipfel, Muntje Semenik, 1450 M. erreicht und dessen mittlere Höhe etwa 800 M. betragen mag. Das Streichen seiner Structur ist von Nordost oder Nordnordost gegen Südsüdwest gerichtet, und mit dieser Richtung setzt sich das Gebirge südwärts über die Donau nach Serbien fort. Indem der grosse Strom in gewundenem Laufe dieses Gebirge und seine östlichen Parallelzüge durchquert, entsteht von Moldowa abwärts bis zum Eisernen Thore eine Reihe grosser Stromschnellen. Uns soll hier nur der westliche Theil des Gebirges und namentlich der gegen Westen blickende Rand desselben beschäftigen.

Dieses Gebirge besteht aus langen Falten von Glimmerschiefer mit etwas Gneiss, dann flötzführenden Carbonschichten, rothem permischen Sandstein, aus Jura und Kreidekalkstein. Ein sehr grosser, von Nord nach Süd laufender Bruch durchschneidet das Gebirge; er trifft die gegen Südwest und Südsüdwest streichenden Falten in spitzem Winkel und schneidet die mesozoischen Schichten gegen Westen ab, so dass jenseits, westlich von diesem Bruche, fast nur niedrigere Berge von Glimmerschiefer oder die offene Ebene zu sehen sind. So weit dieser Bruch auf der Nordseite der Donau im Banater Gebirge liegt, von Deutsch-Bokschan im Norden bis Moldowa an der Donau im Süden, ist derselbe mit einer Reihe von alten Ausbruchstellen besetzt, wie die auf Fig. 21 dargestellte, 78 Km. lange Strecke zeigt. Aber der Bruch übersetzt südwärts die Donau und ist dort von ähnlichen Ausbruchstellen begleitet.

Als die Hauptquelle für die Kenntniss des gefalteten Gebirges ist die im Jahre 1857 erschienene Beschreibung des wichtigsten Theiles desselben von Joh. Kudernatsch zu bezeichnen, in welcher so manche Anschauung über Bau und Entstehung der Gebirge ausgedrückt wurde, die erst viel später zur Geltung gekommen ist. Für das in Fig. 21 dargestellte Stück des westlichen Bruches nenne ich vor Allen die im Jahre 1860 von der österreichischen Staatseisenbahn-Gesellschaft herausgegebene geologische Specialkarte desselben, welcher auch die von Cotta im Jahre 1865 veröffentlichte Karte entnommen ist.[25]

Die wichtigsten auf dieser Strecke sichtbaren Vorkommnisse von Eruptivgestein sind von Süd gegen Nord: jene von Moldowa, von Kohldorf und Szászka, von Cziklowa und Orawitza, von Dognácska, endlich die grosse unregelmässige Masse nördlich von Bokschan. Mit Ausnahme der letzteren nimmt jedes dieser Vorkommnisse einen in

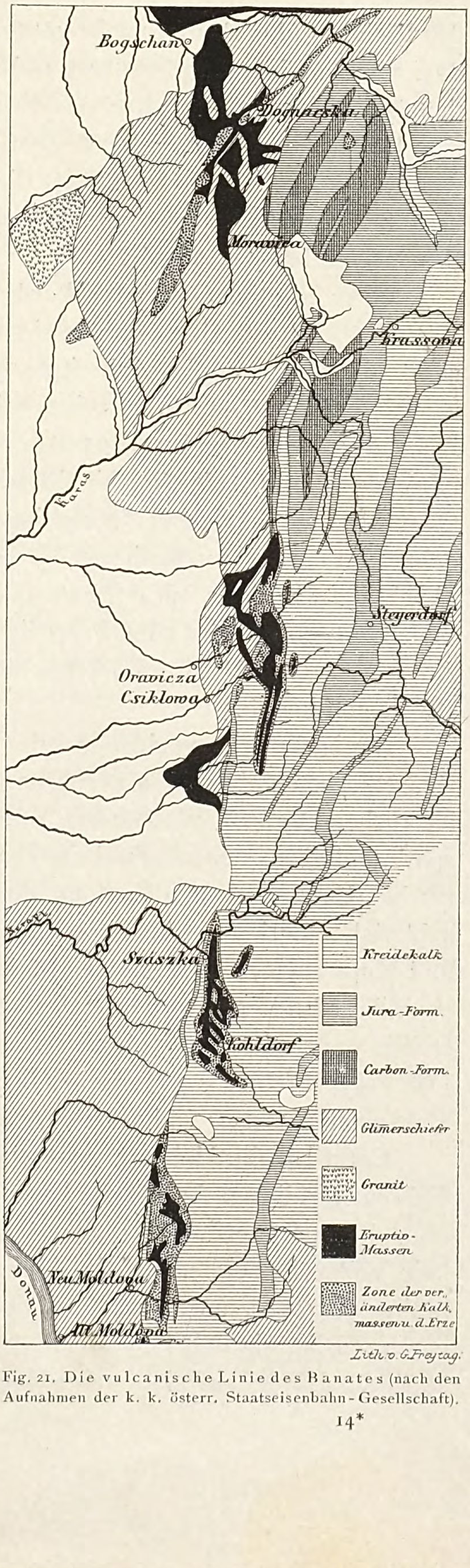


Fig. 21. Die vulcanische Linie des Banates (nach den Aufnahmen der k. k. österr. Staatseisenbahn-Gesellschaft).

der Richtung des Bruches sehr verlängerten Raum ein, so zwar, dass von dem hier dargestellten 78 Km. langen Stücke desselben thatsächlich etwa auf 47 Km. das Eruptivgestein sichtbar ist und man keinen Grund hat zu bezweifeln, dass bei noch tieferer Abwaschung der Oberfläche anstatt dieser vereinzelten Vorkommnisse nur eine einzige zusammenhängende Zone desselben an dem Bruche sichtbar sein würde.

Diese eruptiven Felsarten wurden anfänglich als Syenit oder Granit bezeichnet; Cotta nannte sie mit einem neuen Namen Banatit; sie sind, wie die seitherigen Untersuchungen von Niedzwiezki,[26] Szabo[27] u. A. gezeigt haben, mannigfaltig in ihrer Zusammensetzung und werden als echte Syenite oder als quarzführende Diorite, als Amphiboldiorite, Andesite und Andesin-Quarztrachyte bezeichnet. Den weitaus verbreitetsten Typus unter denselben nennt G. v. Rath mit Niedzwiezki Quarzdiorit, und vergleicht ihn wie Cotta mit dem an so vielen Orten in Ungarn und Siebenbürgen erzführenden Propylit, ferner mit dem Tonalit des Adamello.[28] Bei Moldowa ist auch ein ansehnlicher Gang von Basalt vorhanden.

Wo immer die syenitische oder dioritische Felsart mit dem mesozoischen Kalkstein in Berührung kommt, ist dieser verändert; es erscheint Granat, Wollastonit, Vesuvian, Glimmer, blauer Kalkspath und eine ganze Reihe bezeichnender Mineralien des vulcanischen Contactes. In der Zone des Contactes liegen auch die zahlreichen Erzlagerstätten dieses Zuges; Magneteisenstein, Blei- und Kupfererze, Silber und Gold finden sich in demselben. Je nach ihrer Lage gegen den Kalkstein sind die einzelnen Eruptivstellen ganz oder nur theilweise von dem Contacthofe umgeben. Das Eruptivgebiet von Moravitza liegt im Glimmerschiefer, kreuzt aber einen Kalkzug und verändert und vererzt denselben.[29]

Cotta hat die Meinung geäussert, dass es auf dieser Spalte nicht zu wirklichen Ausbrüchen an der Oberfläche gekommen sei, aber der fast gänzliche Mangel an seitlichen Ergüssen kann hiefür kein voller Beweis sein. Die Abtragung von Gebirge, welche nothwendig war, um diese Form der Entblössung der Spalte zu erzeugen, ist eine so bedeutende gewesen, dass ihr die ausgeströmten Laven auf eine weite Umgebung unterliegen mussten.

Es sind hier cretacische Kalksteine verändert worden; wir werden daher dem Quarzdiorit dieser Spalte kein höheres als etwa tertiäres Alter trotz der ausserordentlichen Denudation zuschreiben können, und er ist vielleicht gleichzeitig mit dem Propylit der Karpathen, dessen Ausbrüche in die oligocäne oder in die frühere Hälfte der miocänen Zeit zu stellen sind.[30] —

Die etwa seit der Mitte der Tertiärzeit eingetretene Abwaschung scheint hingereicht zu haben, um auf einer 78 Km. langen Strecke in mehr als der Hälfte der Erstreckung die Spaltenausfüllung blosszulegen. Bei weiter vorgeschrittener Zerstörung würden wir eine einzige Zone von Quarzdiorit sehen. Leicht könnte aber diese Zerstörung so weit reichen, dass die benachbarten mesozoischen Kalksteine und mit ihnen die Contact- und Erzbildungen verschwinden, und von der ganzen heutigen mannigfaltigen Beschaffenheit des Gebirges bliebe dann nichts zurück als ein dioritischer oder syenitischer Zug, eingebettet in Glimmerschiefer und Gneiss, welchem so mancher Beobachter dann ohne Weiteres ein archaisches Alter zuzuweisen sich bereit finden möchte.

So gelangen wir von der Betrachtung der Aschenkegel der Gegenwart, die von der Denudation gebotenen Bilder aneinanderschliessend, allmälig zu den vielgestaltigen Producten abyssischer Vorgänge, welche auf den alten abgenagten Gebirgsmassen Böhmen's oder Norwegen's, wie auch da und dort in den jüngeren Faltungsbergen sichtbar werden. So wurde jener merkwürdige syenitische, in seinem südlichen Theile granitische Zug gebildet, welcher bei Brünn den Ostrand der böhmischen Masse begleitet und sie abtrennt von den Sudeten. Die nachfolgende ~~Figur 22~~ lässt in rohem Umrisse ihre Lage erkennen und zeigt, dass durch sie zwei ganz verschieden gebaute Schollen der Erde geschieden werden.[31]

Solche entblösste Eruptivzüge werden hier als Narben bezeichnet werden.

Aber nicht nur Narben mögen durch Entblössung sichtbar werden, sondern auch alte Lavadecken, abyssische Gänge und Durchdringungen mancher Art, vielleicht auch Intrusivmassen oder wahre Laccolithen der grossen Tiefe.

Dies ist der Weg, auf welchem Judd dahin gelangt ist, nach der Untersuchung der Eruptivstöcke der Hebriden auch aus-

gedehnte Granitmassen, wie jene der Grafschaft Leinster, als blossgelegte ‚Reservoirs' zu bezeichnen.

Bevor wir uns der schwierigen Frage von der Entstehung solcher Granitmassen zuwenden, mögen noch einige Beispiele angeführt werden.

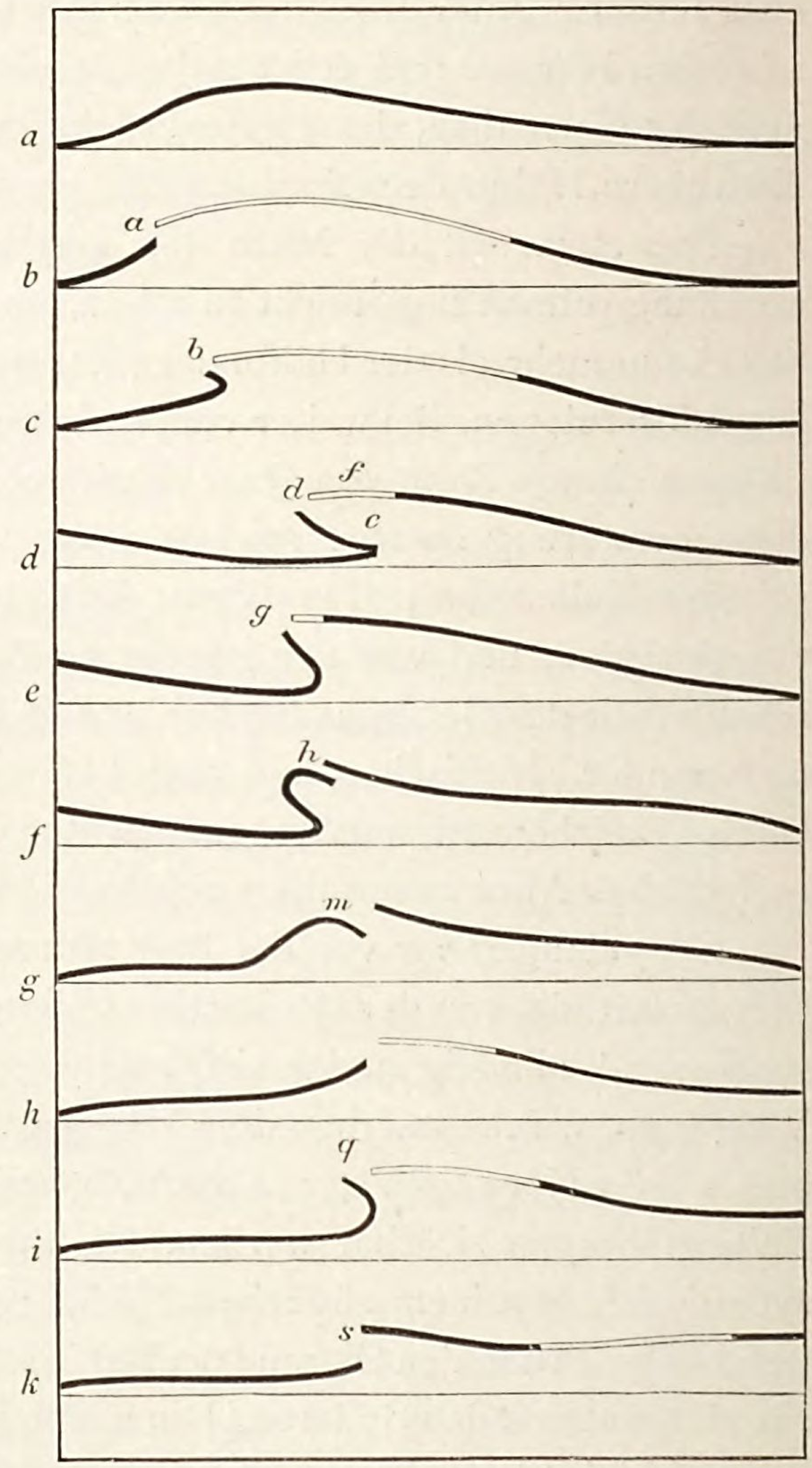


Fig. 22. Querschnitte zu Fig. 23.

In Amerika zählt man zu den Laccolithen ausser den bereits angeführten trachytischen Broden auch die Massengesteine der Elk-Mountains, Colorado. Dieser Gebirgszug geht im Felsengebirge von der Westseite der grossen Sawatch-Kette mit nordwestlichem Streichen ab; mehrere Gipfel übersteigen die Höhe von 4200 M. Den Bau derselben hat Holmes geschildert.[32]

Es ragen von Nordwest gegen Südost drei grössere Granitmassen auf, nämlich Sopris Peak, Snow Mass Group und White Rock Group, an welch' letztere sich noch ein kleiner Ausläufer gegen Südwest schliesst. Den Granit dieser Berge schildert Endlich als ein Gemenge von Orthoklas, Oligoklas, Quarz und Muscovit, mit etwas Biotit; die allgemeine Färbung ist weiss oder grau; einzelne Vorkommnisse von Porphyr und Diorit begleiten denselben.[33] Die sedimentäre Reihe, welche die Granitmassen umgibt, beginnt mit petrefactenlosem Quarzit, einige hundert Fuss mächtig, dem der

Kohlenkalk und eine weitere mächtige Serie folgt, welche bis in die oberen Theile der Kreideformation reicht. Der Kreideformation sind Intrusivmassen von Rhyolith und Trachyt eingeschaltet.

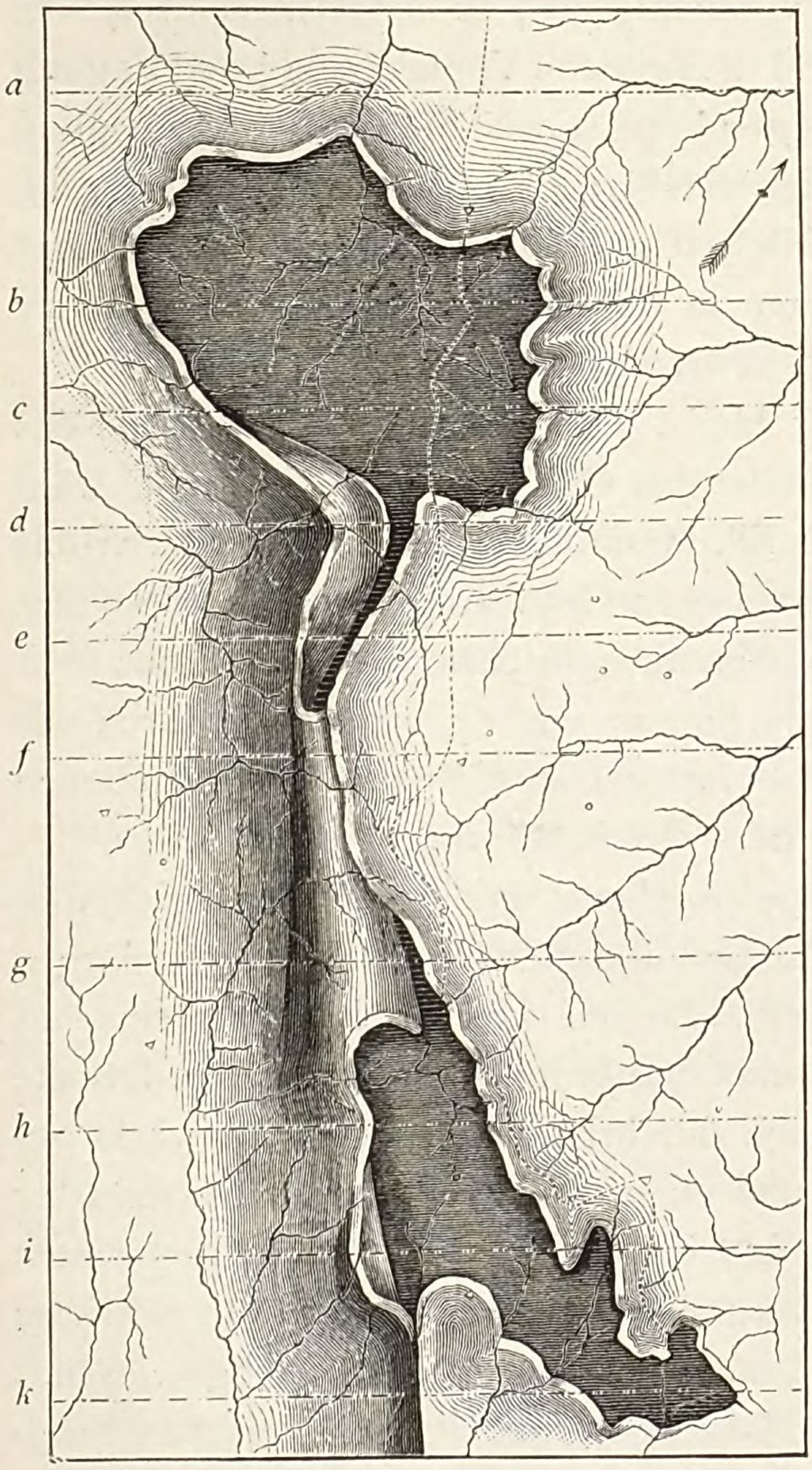


Fig. 23 Lagerung des tiefsten Theiles der Kreideformation um ‚Snow Mass' und ‚White Rock' in den Elk-Mountains (nach Holmes).

In tektonischer Beziehung sieht man, dass die beiden grössten Granitstöcke, Snow Mass Group und White Rock Group, auf einer gemeinsamen Störungslinie stehen, welche als Bruchfalte (Faultfold) bezeichnet wird, und welche von einer deutlichen seitlichen Bewegung der Massen begleitet ist, die quer auf das Streichen von Nordost gegen Südwest gerichtet war. Diese seitliche Bewegung ist sogar so beträchtlich gewesen, dass an dem südwestlichen Rande des Granites Ueberschiebungen desselben eingetreten sind und zwischen beiden Massen eine Einklemmung von sedimentären Schichten entsteht.

Dieses grosse Maass seitlicher Bewegung und das Auftreten trachytischer Massen in der cretacischen Aussenzone scheinen den Anlass dazu gegeben zu haben, dass auch diese beiden grossen, in der Tiefe wohl sicher zusammenhängenden Granitstöcke als echte Laccolithen von postcretacischem Alter bezeichnet worden sind, und dass einzelne Forscher sogar geneigt waren, die

Intrusion des Granites mit der Bildung des Gebirges selbst in ursachliche Verbindung zu bringen.

Holmes drückt sich vorsichtig aus, es sei nicht schwer, sich vorzustellen, dass während die seitliche Verschiebung und Faltung vor sich ging, die unterliegende plastische Masse diese Bewegung begleitete und die heutige Sachlage formte, und dass während dieses Vorganges sie sich selbst eindrängte oder eingedrängt wurde durch die Bruchlinie in den beiden grossen Massen der Snow Mass und White Peak Groups.[34]

In dieser Auffassung bleibt also die faltende Kraft als das erste und anregende Moment des Gebirgsbaues anerkannt, während andere Autoren die Elk Mountains geradezu als durch das Eindringen eines postcretacischen Granites gehoben und gefaltet ansehen. Dieser Granit scheint aber durchwegs in demselben stratigraphischen Horizonte zu liegen, und er erinnert hiedurch wie durch seine Lagerung ganz und gar an die passiv überschobenen Massen der Cima d'Asta oder der Jungfrau.

Die von Holmes ausgesprochene Meinung schliesst sich aber ziemlich nahe an die von Lossen über den Granit des Harzgebirges aufgestellten Ansichten an. Lossen meint, ‚dass die einseitig (heteroklin) zusammengeschobene Falte bei gesteigertem Drucke in eine dem Streichen nach durchrissene Falte mit aufwärts geschobenem Hangenden und diese bei abermalig fortgesetzter Steigerung des Druckes in eine Zerspaltung mit aufgepressten Eruptivgesteinen übergehen könne‘. In seinen neuesten Schriften nennt Lossen den Harz ‚ein als Gebirgsknoten nachgewiesenes windschiefes, elliptisches Massengebirge mit ausgepresstem Eruptivmagma in den dynamischen Brennpunkten‘. Aus einzelnen Stellen ergibt sich sogar, dass Lossen sich den Granit als plastische Masse direct dem Einflusse der lateralen Bewegung ausgesetzt vorstellt, und von der treppenförmigen Anordnung der Falten wird gesagt: ‚Die Treppen sind die Wellenberge des granitischen Magma's, welche die Bewegungen des Faltungsprocesses der festen Rinde mitmachen.‘[35]

Dieser Granit hat die Tanner Grauwacke am Contacte verändert, welche heute noch an einzelnen Stellen sein Dach bildet; er hat daher auch, wie die amerikanischen Laccolithen, Contactwirkung nach oben ausgeübt.

Nun mag nochmals betont sein, dass weder nach Holmes' Meinung in den Elk Mountains, noch nach Lossen im Harze die ältere Anschauung von der Erhebung der Gebirge durch den Granit Stütze findet, sondern dass beide Beobachter die Faltung des Gebirges doch als die primäre, beherrschende Erscheinung und die Auspressung des granitischen Magma's als eine begleitende, durch diese Faltung erst veranlasste Nebenerscheinung ansehen. —

Es sind zahlreiche Granitmassen bekannt, welche folgende Merkmale in sich vereinigen:

a) Sie liegen eingebettet in alte geschichtete Gesteine, am häufigsten in Schiefer, aus welchen sie durch die Denudation ausgeschält werden, und sie haben, so weit sich dies erkennen lässt, die Gestalt von grossen unregelmässigen Broden oder Kuchen.

b) Sie haben Contactwirkung nicht nur nach den Seiten, sondern auch nach oben ausgeübt, sind also jünger als ihr Dach.

c) Sie geben in vielen Fällen Apophysen nach der Seite oder wohl auch nach oben ab; diese Apophysen sind in Spalten injicirt, deren Bildung der Injection unmittelbar vorausgehen musste.

Der Drammen-Granit im Gebiete von Christiania wird nach Kjerulf's Schilderung auf nicht unbeträchtliche Strecken von verschiedenen Gliedern der Silurformation flach überlagert; er verändert sie alle nach oben am Contact, schliesst Bruchstücke derselben ein und gibt Gänge in dieselben ab.[36]

Die beiden Granitstöcke von Barr-Andlau und von Hohwald in den Vogesen, deren Contactwirkungen auf die Steiger Schiefer von Rosenbusch so trefflich untersucht wurden, sind diesen Schiefern eingelagert und geben Apophysen in dieselben ab.[37]

Die grossen Granitstöcke des Erzgebirges zeigen ähnliche Verhältnisse und sind zum Theile heute noch überwölbt von der Schiefermasse, welcher sie eingeschaltet sind und welche sie verändert haben. Mit dem Streichen des Erzgebirges stehen diese Stöcke freilich in gar keinem sichtbaren Zusammenhange; der grosse Neudecker Stock liegt mehr oder minder quer im Gebirge

und wird im Süden von dem grossen Abbruche des Gebirges gerade so abgeschnitten, wie die Massen der Vogesen von den Verwerfungen durchschnitten werden, welche für die Gestaltung dieses Gebirges so massgebend sind. —

Es lässt sich nicht läugnen, dass die wichtigsten Merkmale dieser Granitmassen, und insbesondere die Contactwirkung gegen das Dach, sich in den trachytischen Laccolithen Nordamerika's wiederfinden. Ihre Dimensionen sind aber noch weit grösser, und es entsteht die Frage, wie denn so ausserordentlich grosse, nach ihrer grösseren Axe zehn, zwanzig und noch weit mehr Kilometer messende, kuchenförmige Massen nachträglich eingeschaltet werden konnten in einen bestimmten Horizont, z. B. in eine bestimmte Schieferzone, oder doch, wie bei Christiania, in eine ziemlich nahe bei einander liegende Gruppe von geschichteten Gesteinen.

Es ist unbedingt nothwendig, dass der Injection der granitischen Masse, welche eine so hohe Temperatur besass, dass sie die Gesteine zu verändern im Stande war, die Bildung eines entsprechenden Hohlraumes vorausging.

Man hat die tangentiale oder faltende Bewegung der äusseren Theile des Erdkörpers zuweilen eine ‚Rindenbewegung' genannt, aber der Begriff der ‚Erdrinde' ist von manchen Unklarheiten umgeben. Vorgänge wie an der belgischen Faille du midi zeigen, dass ein thatsächliches Abheben einzelner Theile und ein Hinübertreten derselben über andere stattfinden kann. Dieses Abheben mag in der Tiefe, namentlich bei ungleichmässiger tangentialer Bewegung oder bei ungleichmässiger Stauung recht häufig vorgekommen sein, am häufigsten wohl in den Schieferzonen der Tiefe, welche hiezu am geeignetsten sind, und so mögen sehr grosse, mehr oder minder linsenförmige Hohlräume gebildet worden sein, in welche sofort die granitische Masse eintrat, die Decke verändernd und Gänge in ihre Spalten entsendend. Oft deutet nichts darauf hin, dass die ganze, der Fläche des Abhubes oder Abstaues auflastende Masse jüngerer Sedimentgesteine durchbrochen, dass es an der Oberfläche der Erde zu einem vulcanischen Ausbruche und der Bildung der Zerstäubungsproducte gekommen sei, welche die Explosion begleiten. Das Magma trat so weit ein, als der Abstau

reichte, und erstarrte in demselben zu einem felsigen Kuchen, einem wahren Batholithen, welcher spätere Gebirgsbildung zwar niemals zu veranlassen, aber allerdings dieselbe in gewissen Fällen durch seine grosse Masse, seine Festigkeit und seinen Umriss in einzelnen untergeordneten Zügen passiv zu beeinflussen im Stande war.

Die granitischen Stöcke der Pyrenäen sind, wie Zirkel deutlich gezeigt hat, von sehr verschiedenem Alter. Aehnlich verhält es sich mit den granitischen Kernen der Alpen. Mehrere von diesen liegen wohl als wahre Batholithen in Schiefer von carbonischem Alter, andere in weit tieferen Horizonten, andere Granite sind weit jünger; wie solche bei Predazzo mit wahren Eruptionserscheinungen in Verbindung treten, wurde bereits erwähnt.

Hoch über dem Bernina-Hospiz liegen auf dem Granit Schollen von weissem, sei es durch Druck, sei es durch vulcanischen Contact, halbmarmorisirten Kalkstein, welcher zahlreiche, wie es scheint rhätische Fossilien umschliesst. Tief unten in Val Trompia entblössen die Bergbauten der Grube Arnaldo eine Masse von grünem Granit, deren bucklige Oberfläche an einer Stelle aufs Innigste verwachsen erscheint mit dem auflagernden, wahrscheinlich carbonischen Thonglimmerschiefer, während sie an einer anderen, ganz nahe benachbarten Stelle unmittelbar von rothem permischen Sandstein bedeckt ist.

Aber der tiefe Einblick, welchen das Alpengebirge eröffnet, lehrt auch andere, gar unerwartete Erscheinungen kennen. Während syenitische und dioritische Felsarten in den Schloten tertiärer Vulcane angetroffen werden, machen uns Stache und John mit Eruptivgesteinen näher bekannt, die nicht wenig den jungen Andesiten und Propyliten gleichen, und welche in den obersten Quellgebieten der Etsch und der Adda der Unterlage der ganzen mächtigen mesozoischen Reihe eingeschaltet sind.[38] —

Kehren wir aber nun noch einmal zu der Bildung grosser Hohlräume im Innern des Erdkörpers zurück. Der Abstau einer grösseren Masse geschichteter Gebirge mag hinreichen, um das Eintreten linsenförmig erstarrender und ihr Dach verändernder granitischer Massen zu erklären. Unabhängig hievon ist aber schon vor vielen Jahren aus ganz anderen Gründen die Meinung aus-

gesprochen worden, dass es im Innern der Erdmasse keine zusammenhängende Pyrosphäre gebe, sondern dass die Laven in einzelnen grossen Hohlräumen gleichsam in unterirdischen See'n ruhen. Hopkins betrachtete diese Lavaseen als die Reste der ursprünglichen, gluthflüssigen Masse des Erdkörpers und bezeichnete sie als ‚*residual lakes*'. Eine merkwürdige Erfahrung, die trotz aller Ausnahmen doch überaus auffallende Wiederkehr jener selben Altersfolge eruptiver Felsarten in so entfernten Gebieten, wie z. B. Ungarn und Westamerika, welche den Namen der Richthofen'schen Reihe führt, hat zu der Erörterung dieser älteren Ansicht zurückgeführt. Propylit, Andesit, Trachyt, Rhyolith, Basalt lautet jene merkwürdige Reihenfolge, welche Richthofen's scharfer Blick zuerst erkannte, deren Beständigkeit oft geleugnet worden ist, deren Wiederkehr auf den weitesten Gebieten des westlichen Amerika jetzt ausser Zweifel steht, und welche nach Godfrey nun auch auf Japan als die Regel gelten soll.[39] Ihre Bestätigung auf den grossen Bruchfeldern der Hochplateaux von Utah hat Dutton zu theoretischen Erörterungen veranlasst, in welchen zunächst die locale, umgrenzte Beschaffenheit der Lavabehälter der Tiefe betont, die Auffassung von Hopkins als Residua einer früheren allgemeinen Gluthflüssigkeit aber geleugnet wird. Nach Dutton werden solche Behälter, sie werden ‚Maculae' genannt, im Innern der Erde neu gebildet, und es wird die von Cl. King neuerlich betonte Ansicht vom Flüssigwerden durch Verminderung des Druckes mit dieser Voraussetzung in Verbindung gebracht.[40] —

In dem vorhergehenden Abschnitte wurde erwähnt, dass zwar die Dislocationen der Erde ein Bestreben zur Zerlegung der Spannungen in tangentiale und radiale Spannungen erkennen lassen, dass jedoch directe Folgen der radialen Spannung, gleichsam ein actives Hinabziehen gegen den Mittelpunkt der Erde kaum nachweisbar seien, wohl aber ein häufiges passives Hinabsinken grosser Schollen. Dieses passive Hinabsinken setzt auch grosse Hohlräume voraus. In solchen Regionen zeigt sich am häufigsten das Aufquellen von Laven. Die Vorstellung, welche sich aus der Vergleichung dieser Erfahrungen ergibt, ist also etwa diese:

Die obersten peripherischen Theile des Erdkörpers sind durch tangentiale Spannung festgehalten, wie ein Gewölbe. Entweder

radiale Spannung oder Abstau trennt einen Theil des Erdkörpers gegen innen ab, und es bildet sich eine grosse, der Erdoberfläche mehr oder minder parallele, bei radialem Abriss sehr ausgedehnte, bei Abstau mehr linsenförmige Ablösung, eine Macula, welche sich mit Laven füllt. Findet an der Oberfläche die tangentiale Spannung nach irgend einer Richtung ihre Auslösung, z. B. durch Faltung oder durch Ueberschiebung einer anderen Scholle, so sinkt hinter der Faltung oder Ueberschiebung das Gewölbe in die Macula, und auf den Sprüngen oder Einbrüchen quillt Lava hervor.

Inwieferne sich diese Vorstellung bestätigt, kann jedoch erst an späterer Stelle genauer geprüft werden. —

Zum Schlusse mag noch eine Erscheinung erwähnt werden, welche nicht wenigen Ausbruchstellen gemein zu sein scheint. Es ist dies das umgrenzte örtliche Einsinken, oder, um Reyer's drastisches Wort zu gebrauchen, das Nachsacken des Vulcan's und des umgebenden Gebirges. Hiemit will ich mich nicht beziehen auf jene Beispiele, welche aus der nächsten Umgebung jüngerer Vulcane, z. B. von dem Signal Post Hill auf San Jago (Capverd'sche Inseln) oder von einer kleineren Ausbruchsstelle bei Auckland (N. Zealand) öfters erwähnt worden sind, weil es sich an diesen Stellen doch nur um Vorkommnisse von ziemlich geringer Ausdehnung handelt.[41]

Es handelt sich um die ganze Masse des Vulcans. In voller Uebereinstimmung zeigt Judd, dass der Vulcan von Mull nachgesunken sei, gibt Mojsisovics an, dass der Eruptivstock von Predazzo sich nachträglich gesenkt habe, und schildert Reyer die nachträgliche Senkung der Masse des Venda.[42]

‚Man erhält den Eindruck,' sagt Mojsisovics, ‚als ob an der Peripherie der Eruptionsstelle Theile des durchsetzten Gebirges in entstandene Hohlräume hinabgetaucht worden wären.' Es ist bereits gelegentlich erwähnt worden, wie sehr man geneigt ist, das Volum der bei einer grossen Eruption hervorgestossenen Massen zu unterschätzen, und wie klein die Aufschüttungskegel im Vergleiche zu jener Masse fein vertheilter Materie sind, welche bei ähnlichen Katastrophen auf grosse Strecken hin die Sonne verdunkelt.

Um nun die Denudationsreihe in ihren Hauptzügen zu übersehen, wollen wir auf die im vorhergehenden Abschnitte erwähnten jüngsten Vulcane des mittelamerikanischen Festlandes zurückgreifen.

Es beginnt dann die Serie mit dem jungen Vulcan bei Leon, mit der Ausbruchstelle in dem See von Ilopango und dem Izalco; keiner dieser Feuerberge ist noch ein Jahrhundert alt; neben ihnen nennen wir etwa Jorullo und M. Nuovo.

An diese jüngsten Feuerberge schliessen sich jene unmittelbar an, welche sich in ununterbrochener eruptiver Thätigkeit befinden und dies durch einen sichtbaren glühenden Lavaspiegel bekunden, wie Stromboli, und, in allerdings wesentlich anderer Gestalt, Kilauea. Auch der bereits genannte Izalco befand sich wenigstens noch vor nicht langer Zeit im strombolischen Zustande.

Es folgen jene Vulcane, welche häufige Eruptionen, wie Vesuv oder Aetna, oder minder häufige, wie Ischia, bieten. Ihre Zahl ist sehr gross, und noch grösser die Zahl jener, von welchen Ausbrüche historisch nicht oder doch nicht mit Sicherheit nachgewiesen sind, welche aber ihre Aschenkegel vollkommen bewahrt haben, wie die Puys der Auvergne oder Rocca Monfina.

Die nächsten sind solche Vulcane, welche so weit zur Ruine geworden sind, dass aus dem theilweise zerstörten Aschenkegel das Gerüste desselben hervortritt; hieher gehören z. B. M. Venda in den euganäischen Bergen, an dessen blossgelegter Basis sich auch schon die seitlichen Intrusionen enthüllen, und, nach Doelter's Beobachtungen, einige Ausbruchstellen auf den Ponza-Inseln. Hier sind die Lavadecken schon abgetrennt von der Ausbruchstelle.

Basische Vulcane mit sichtbarem Gerüste sind mir nicht bekannt; aber zahlreich sind die Fälle weithin vereinzelter basischer Stromtheile, welche Vulcane dieser und nachfolgender Phasen begleiten.

Die Erosion dringt weiter vor, und was unter dem Venda nur in kleinem Maassstabe sichtbar war, die seitliche Intrusion oder Injection von Linsen saurer Laven, das zeigt sich in grösstem Maassstabe in den Henry Mountains, Sierra el Late, San Carriso und anderen Fällen im mittleren Nordamerika.

Noch weiter reicht die Zerstörung; sie lässt z. B. in Predazzo hoch oben auf den Bergen die der Triasformation eingeschalteten Laven und unten im Thale die Tiefen des Schlundes erkennen, und in diesem granitische und syenitische Felsarten, während die Zonen des Contactes an den Wänden von den bezeichnenden Silicaten begleitet sind. Diese Entblössung der Felsarten der Tiefe mag auf einer Linie von mehreren Ausbruchstellen erfolgen, wie auf den Hebriden, oder es mag die Entblössung so weit reichen, dass der Zusammenhang der gemeinsamen Spalte so deutlich hervortritt wie im Banat. Endlich mag die Zerstörung so tief gehen, dass nur eine Narbe zurückbleibt, wie der Syenitzug von Brünn.

Alle bisher genannten Vorkommnisse sind entweder Aufschüttungen auf der Oberfläche des Planeten, veranlasst durch Ausbrüche, welche aus dem Innern desselben hervordrangen, oder es sind die Reste der Schlote und Spalten, durch welche diese Ausbrüche ihren Weg fanden. Die Zerstörung der Erde dringt aber weiter vor; die Denudation enthüllt uns auch Massen, welche, wenigstens in den meisten Fällen, die Oberfläche im feurigflüssigen Zustande nicht erreicht, sondern als Batholithen, als gewaltige Felsenbrode in der Tiefe erstarrt sind, wie dies häufig noch eine auf ihrem Rücken uns erhaltene Scholle von verändertem Schiefer, ein Bruchstück der alten Wölbung, lehrt.

So gelangen wir von den Aschenhaufen der Gegenwart zu den Granitmassen des Erzgebirges, dem Drammengranit Norwegens und zu der Erkenntniss der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit in der Bildungsweise der Granite der Alpen.

Endlich führt die Kette der Erscheinungen zu der Voraussetzung von Ablösungen in der Tiefe, welche durch tangentialen Abstau oder durch radialen Abriss gebildet sind, und es bleibt weiter zu untersuchen, inwieferne dieser Annahme der thatsächliche Bau der Gebirge entspricht.

Anmerkungen zu Abschnitt IV: Vulcane.

[1] G. Pexidr, Beitr. zur Kenntniss der durch das Erdbeben vom 9. November 1880 hervorgebrachten Sandschlammauswürfe, 8°, 1880.

[2] Arch. Geikie, The Lava-Fields of North-Western Europe; Nature, Nov. 4. 1880, vol. XXIII, p. 3—5.

[3] E. Reyer, Die Euganäen, Bau und Geschichte eines Vulcans, 8°, 1877; daneb. insbes. G. v. Rath, Geognostische Mittheil. über die euganäischen Berge bei Padua, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1864, XVI, S. 461—529, Taf. XV, XVI; ebendas. S. 520 u. folg. befindet sich ein Abdruck von de Zigno's Schrift über denselben Gegenstand, welche die Jura- und Neocomschichten von Fontana Fredda aufführt.

[4] Der Vulcan Venda; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1875, LXXI, S. 12.

[5] A. C. Peale, On a peculiar type of eruptive Mountains in Colorado; Hayden, Bull. U. S. Geol. and Geogr. Surv. territ. 1877, III, p. 551—564.

[6] G. K. Gilbert, Rep. on the Geol. of the Henry Mountains; 4°, 1877 (U. S. Geogr. and Geol. Surv. J. W. Powell).

[7] F. M. Endlich, On the erupted Rocks of Colorado; Hayden, X. Ann. Rep. of the U. S. Geol. and Geogr. Surv. territ. for 1876; 1878, p. 199—272.

[8] M. H. Holmes, Geol. Rep. on the San Juan District; IX. Ann. Rep. U. S. Surv. for 1875; 1877, p. 268, pl. XLV, Fig. 1.

[9] Holmes, ebendas. p. 273, 274.

[10] Endlich, Geol. Rep. on the South Eastern District, ebendas. p. 127 u. folg., pl. XVI.

[11] Clar. King, U. S. Geol. Explor. of the 40. Parall. 1878, I, p. 694.

[12] Dutton, High-Plateaus, p. 129—131.

[13] L. v. Buch, Physikal. Beschreibung der canarischen Inseln, 1825; Ges. Schriften herausgeg. von Ewald, Roth und Dames, III, 1877, S. 510.

[14] H. Abich, Geol. Forschungen in den Kaukasusländern, II, Geol. des armenischen Hochlandes, 1. Westhälfte, 4°, 1882, Atl., S. 73, 78, 329 u. a. and. Ort.

[15] H. Abich, ebendas. S. 76.

[16] H. Abich, ebendas. S. 78 u. folg.

[17] W. Topley and G. A. Lebour, On the Intrusive Character of the Whin Sill of Northumberland; Quart. Journ. geol. Soc. 1877, XXXIII, p. 406—421. An dieser Stelle möchte ich erwähnen, dass in den letzten Jahren der Versuch unternommen worden ist, die zahlreichen Basaltströme des vicentinischen Gebirges einem einzigen Horizonte zuzuweisen und den grössten Theil derselben als intrusiv zu bezeichnen. Diese Ansicht theile ich nicht. Nur in der Nähe von Ronca kenne ich im Horizonte des Tuffes mit Strombus Fortisi einen kleinen, gewundenen wahren Intrusivgang. Die Verschiedenheit des Alters der Basalte ergibt sich aus der Verschiedenheit der Versteinerungen in den Tuffen auf

unzweifelhafte Weise. — Für Beispiele vgl. Geikie, On the Carbonif. Volcanic Rocks of the Basin of the Firth of Forth; Transact. Roy. Soc. Edinb. 1880, XXIX, p. 476.

18 J. W. Judd, The Secondary Rocks of Scotland, 2d pap. On the ancient Volcanos of the Hebrides and the Relations of their Products to the Mesoz. Strata; Quart. Journ. geol. Soc. 1874, XXX, p. 220—300, pl. XXII, XXIII, und Uebersichtskarte in 1878, vol. XXXIV, pl. XXXI.

19 Arch. Geikie, On the tert. Volc. Rocks of the Brit. Islands, 1d pap. Quart. Journ. geol. Soc. 1871, XXVII, p. 294. Diese Massen konnten wegen des kleinen Massstabes des Kärtchens Fig. 19 auf demselben nicht dargestellt werden.

20 Geikie, On the Geol. of the Faeroe Islands, Trans. Roy. Soc. Edinb. 1880—81, XXX a, p. 240.

21 Aus der reichen Literatur nenne ich nur: F. v. Richthofen, Geogn. Beschreib. der Umgebung von Predazzo, S. Cassian u. s. w. 4°, 1860; C. Doelter, Ueber die Eruptivgebilde von Fleims nebst einigen Bemerkungen über den Bau älterer Vulcane; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1876, Bd. 74, S. 857—878, Karte des Gebietes von Predazzo; E. v. Mojsisovics, Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien, 8°, 1879, S. 344—393; Ed. Reyer, Predazzo, Jahrb. geol. Reichsanst. 1881, XXXI, S. 1—56, und Karte.

22 G. v. Rath, Beitr. zur Kenntniss der erupt. Gesteine der Alpen, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1864, S. 249; Zirkel, Lehrb. der Petrogr. 1866, II, S. 22.

23 R. Lepsius, Das westliche Südtirol, 4°, 1878, S. 208, 222.

24 C. Peters, Geol. u. mineral. Studien aus dem südöstlichen Ungarn, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1861, XLIII, S. 385—463 und XLIV, S. 81—187, Karte und Tafel; F. Posepny, Geol.-montan. Studie der Erzlagerstätten von Rézbánya, aus Földtani Közl. IV, 1874, 8°, Budapest, 198 S., Kart. und Taf., insbes. S. 190.

25 Joh. Kudernatsch, Geol. des Banater Gebirgszuges, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, XXIII, 1857, S. 39—148, Karte und Tafel; Bernh. v. Cotta, Erzlagerstätten im Banat und in Serbien, 8°, 1865, 108 S. und Tafel. L. Loczi spricht sich gegen die nördliche Verlängerung der Spalte aus, welche Cotta annimmt. (A Hegyes-Drocsa hegység Asvany-Lelhelyei, 8°, Budapest, 1877, p. 10.)

26 J. Niedzwiezki, Zur Kenntniss der Banater Eruptivgesteine; Jahrb. geol. Reichsanst. 1873, XXIII; Tschermak, Miner. Mitth., S. 255—262.

27 Szabó, in Földt. Közl. VI, 1876, S. 112—132 u. a. and. Ort.; auch F. v. Hauer, Die Geologie und ihre Anwendung u. s. w., 2. Aufl., 8°, 1878, S. 540.

28 Diese merkwürdige Stelle wurde näher beschrieben von G. Marka, Einige Notizen über das Banater Gebirge; Jahrb. geol. Reichsanst. 1869, XIX, S. 318 u. folg., Taf. VIII, IX.

29 G. v. Rath, Sitzungsber. Niederrhein. Ges. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 13. Januar 1879.

30 Es ist in demselben Gebirge, weiter gegen Ost, noch eine zweite ähnliche, doch bis heute weit weniger bekannte Linie von Eruptivstellen vorhanden. Sie zieht von dem Bergorte Maidanpek in Serbien nordwärts herauf, übersetzt die Donau und enthält unmittelbar nördlich von derselben im Ljubkowathale Erze in den gleichen Contactbildungen (Zepharovich, Berg- und Hüttenm. Zeitschrift, V, S. 12; auch J. Böckh, Geol. Notiz. über d. südl. Theil des Comit. Szörény, aus Földt. Közl. 1879, S. 29 Anm., für ähnliche Eruptivstellen; auch ebendas. 1880 und insbesondere Hugo Szterényi ebendas. 1883, S. 142.) Kudernatsch meinte sogar, an dem westlichen Rande des grossen Granitzuges des Puschkasch, der im Osten von Steyerdorf auftritt, ebenfalls im Kalk Contacterscheinungen zu sehen (Jahrb. geol. Reichsanst. 1855, VI, S. 228), doch bedarf die Angabe nach Tietze's Beobachtungen einer neuen Prüfung (ebendas. 1872, XXII, S. 43).

31 Die näheren Beziehungen dieses Zuges zu den benachbarten Gebirgen wurden bereits Entst. der Alpen, S. 67—71, besprochen.

32 W. H. Holmes, Rep. on the Geol. of the NW. Portion of the Elk Range; Hayden, Ann. Rep. for 1874, 8°, 1876, p. 59 u. folg.

33 Endlich, On the erupted Rocks of Colorado; Hayden, Ann. Rep. for 1876, 8°, 1878, p. 210—211.

34 Holmes a. ang. Orte, p. 68.

35 Lossen, Geol. und petrogr. Beitr., S. 4, 21, 43.

36 Th. Kjerulf, Die Geol. des südl. und mittl. Norwegen (deutsch von A. Gurlt), 8°, 1880, insbes. S. 73 und S. 242, Fig. 195; E. Reyer, Vier Ausflüge in die Eruptivmassen bei Christiania, Jahrb. geol. Reichsanst. 1880, XXX, S. 27—42.

37 H. Rosenbusch, Die Steiger Schiefer und ihre Contactzone an den Granititen von Barr-Andlau uud Hohwald; Abhandl. zur geol. Specialkarte von Elsass-Lothringen, Bd. I, Heft II, 1877.

38 J. Stache und C. v. John, Geol. und petrogr. Beitr. zur Kenntniss der älteren Eruptiv- und Massengesteine der Mittel- und Ostalpen; Jahrb. geol. Reichsanst. 1877, XXVII, S. 143—242, und 1879, XXIX, S. 317—404, Taf. Ebenso haben Teller und John in neuester Zeit zwischen der Granitmasse von Brixen und der grossen permischen Porphyrdecke von Bozen das merkwürdige, vorherrschend durch Diorit gebildete Eruptivgebiet von Klausen genauer kennen gelehrt; ebendas. XXXII, 1882, S. 589—684, und Taf.

39 F. Baron Richthofen, The Natural System of Volcanic Rocks, Mem. California Acad. Sc. 1868, vol. I, p. 39—133, insbes. p. 67; J. G. H. Godfrey, Notes on the Geol. of Japan, Quart. Journ. Geol. Soc. 1878, XXXIV, p. 542.

40 Dutton, High Plateaus, p. 116, 128 u. a. and. Ort.

41 Scrope, Volcanoes, p. 273; Darwin, Geol. Observ., 2d ed., p. 12; Heaphy, Quart. Journ. 1860, XVI, p. 245.

42 Judd a. ang. Orte, Quart. Journ. 1874, p. 256; Mojsisovics, Dolomitriffe, S. 377, 378; Reyer, Eugan., S. 75—78.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Verschiedenartigkeit der Bewegungen.

Versuche einer Eintheilung der Erdbeben. — Dislocations- und vulcanische Beben. — Blattbeben. — Wechselbeben. — Senkungsbeben. — Der Aetna 1780 und 1874 bis 1883. — Verschiedenartigkeit vulcanischer Beben. — Die Denudationsreihe.

Eine strengere Prüfung lehrt, dass bis zu dem heutigen Tage eine messbare Ortsveränderung irgend eines Stückes des Felsgerüstes der Erde gegen ein anderes, sei es in Form einer Erhebung oder Senkung oder Verschiebung fester Gebirgstheile, nicht mit voller Beweiskraft festgestellt ist. Zwei hervorragende Fälle, die Bildung des Ullah-bund im Ran of Kachh und die angebliche wiederholte Erhebung der Westküste Südamerika's, welche häufig als Beispiele für solche Veränderungen angeführt worden sind, wurden bereits besprochen und andere werden an späterer Stelle ähnliche Ergebnisse liefern. Aber wenn auch thatsächliche Bewegung vor unseren Augen nicht erwiesen worden ist, lehren doch die zahlreichen Dislocationen, dass solche Bewegung oft und in grösstem Maassstabe sich ereignet hat, und zeigen die häufigen Erderschütterungen, dass diese Vorgänge nicht beendet sind.

Die Mannigfaltigkeit der Erderschütterungen ist eine sehr grosse, die Erscheinung selbst ihrem Wesen nach schwer in scharfer Beobachtungsmethode zu erfassen, und die Zahl der planmässig durchgeführten Arbeiten überhaupt bis heute eine gar geringe. Bei der Beurtheilung des Wesens der Erdbeben wird daher ein ganz besonderes Maass von Zurückhaltung zur Pflicht.

In den letzten Jahren sind Classificationen der Erdbeben nach ihrer Entstehungsursache zu wiederholten Malen versucht worden. R. Hoernes unterscheidet Einsturzbeben, vulcanische Beben und tektonische Beben.[1] Toula schliesst sich diesem Vorschlage an und schlägt vor, die letzteren Dislocations- oder Structurbeben zu nennen.[2] Lasaulx trennt zuerst vulcanische und nichtvulcanische Beben und dann unter den letzteren Einsturz- und Spaltenbeben. Als eine Nebenerscheinung nennt noch Lasaulx die Gruppe der Relaisbeben, nämlich secundäre Erschütterungen, welche ausserhalb des engeren Erschütterungskreises eines Erdstosses durch diesen auf anderem Gebiete angeregt werden.[3]

Dies sind die ersten, gleichsam tastenden Versuche, um die vielgestaltige Menge von Erscheinungen zu theilen und womöglich näher zu erfassen. Als wesentlich erscheint mir in denselben das richtige Bestreben, solche Erderschütterungen, welche wahre Ortsveränderungen einzelner Theile der Lithosphäre begleiten oder vorbereiten, mag man sie nun tektonische Beben oder Dislocationsbeben nennen, von allen anderen Beben abzuscheiden.

Vorausgesetzt nun, was gerne zugegeben werden mag, dass keine Dislocation ohne Erdbeben gebildet wird, muss es ebenso viele Arten von Dislocationsbeben geben, als es Gruppen von Dislocationen gibt, und dieselben Grundsätze der Eintheilung müssen auch hier Geltung erlangen. Hienach hätten wir wenigstens in jenen typischen Fällen, in welchen die Zerlegung der tellurischen Spannungen eine vollständigere ist, zwei Hauptgruppen zu unterscheiden, nämlich Erdbeben, welche aus tangentialen Spannungen, und solche, welche aus Senkung hervorgehen.

Alle jene Erdbeben, welche aus dem nördlichen Theile der Ostalpen angeführt worden sind, sowie das Erdbeben von Sillein am 15. Januar 1858 in dem benachbarten Theile der Karpathen, zeigen in übereinstimmender Weise eine quer auf das Streichen des Gebirges gerichtete Axe. Die erregte Bewegung, welche in vielen Fällen ihr Maximum knapp an dem Aussenrande des Gebirges hat, pflanzt sich stets geradlinig weit in die gegenüberliegende böhmische Masse, und zwar nicht selten bis Prag oder Leitmeritz fort; sie kann sogar Meissen in Sachsen erreichen. Dies gilt von allen seit dem Jahre 1590 eingetretenen Stössen

auf der Kamplinie und ebenso von dem Erdbeben von Scheibbs vom 11. Juli 1876. Die Analogie der Stosslinien mit jener Gruppe von Dislocationen, welche wir Blätter nennen, und Bittner's Bemerkung über den genauen Parallelismus der Blätter und der Kamplinie sind schon angeführt worden. Alle diese Beben sind demnach als Blattbeben anzusehen.

Von dem analogen Erdbeben von Belluno vom 29. Juni 1873 soll an späterer Stelle gesprochen werden.

Wenn das belgische Erdbeben vom 23. Februar 1828, welches durch grosse Ausdehnung bei mässiger Intensität und durch genaues Verfolgen des Streichens des Kohlengebirges ausgezeichnet war, in der That, wie Lasaulx vermuthet, von der Faille du midi (S. 186 Fig. 17) ausging, so dürfte es als ein Beispiel eines Wechsel- oder Vorschubbebens angesehen werden.[4]

Im Allgemeinen dürften sich die Schüttergebiete von Wechselbeben an der Oberfläche weniger scharf abgrenzen als Blattbeben, deren radial aus dem Gebirge hervortretende Stossrichtung bezeichnend ist.

Es ist wahrscheinlich, dass die grösste Anzahl der Beben in der nördlichen Hälfte der Alpen aus tangentialen Bewegungen hervorgehe. Solche Beben scheinen, wie schon gesagt worden ist, nur äusserst selten von vulcanischen Ausbrüchen begleitet zu sein. —

Bei der Besprechung der zweiten Gruppe von Dislocationen wurde bemerkt, dass die zweite aus der Contraction des Erdkörpers hervorgehende Componente, der Zug nach abwärts, in der Beschaffenheit der Gebirgsstörungen nicht sichtbar wird, sondern dass die in diese Gruppe eingereihten Dislocationen sich lediglich als Aeusserungen der Schwerkraft darstellen und den Eindruck hervorbringen, als seien Theile der Erdrinde durch eigene Schwere hinabgestürzt in unter ihnen vorhandene Hohlräume, oder als sinke die Oberfläche auf weichender Unterlage.

Hier nun stehen die meisten Fragen offen, denn es führt uns diese Reihe von Erscheinungen, namentlich das Einsinken grosser Erdstücke, zurück zu der noch so wenig umgrenzten und doch so vielfach begründeten Meinung von der Bildung grosser und flacher Hohlräume in der Tiefe des Erdkörpers, welche Dutton Maculae

nennt, und gerade hier, gerade in diesen Senkungsfeldern, treten auf den Dislocationsbrüchen und mit den Erderschütterungen die meisten vulcanischen Ausbrüche hervor. Hier nun entsteht die Frage, wo die Grenze zwischen Dislocationsbeben und vulcanischen Beben zu ziehen sei, eine Frage, welche im abstracten Sinne sehr leicht zu lösen ist, indem man die explosiven Erscheinungen als bezeichnend für die vulcanischen Beben festhält. In der Natur aber zieht sich diese Grenze nicht so leicht; der Vorgang der Eruption zerfällt in eine Reihe von Abschnitten, in welchen die Bewegungen einander nicht gleichen, und es erscheinen Beben auf einer längeren Linie, welche man leicht für Dislocationsbeben halten möchte, die aber doch nur eine Phase des Ausbruches bezeichnen.

Das grosse calabrische Beben von 1783, welches auf einer peripherischen Randlinie die Stosspunkte hin und her treten liess, ist ein Dislocationsbeben und mag als ein peripherisches Senkungsbeben bezeichnet werden, zum Unterschiede von den radialen Beben desselben Gebietes. Wo sich die radialen Linien durchschneiden, wie unter den Liparen, mag man auch von centralen Senkungsbeben sprechen. Es mögen auch verschiedene Schollen eines Senkungsfeldes gleichzeitig, doch in verschiedenem Sinne erbeben. In allen Fällen bleibt die Eruption der Vulcane bei den Dislocationsbeben eine secundäre Erscheinung.

Viel schwerer ist es, diese Bezeichnungen auf das mittelamerikanische Festland anzuwenden. Denn wenn auch die Senkung der pacifischen Region deutlich genug hervortritt und eine unverkennbare vulcanische Hauptzone vorhanden ist, unterscheidet sich dieses Gebiet doch wesentlich von Süditalien durch das stetige und, abgesehen von dem nordwestlichsten Ende, allgemeine Vorrücken der vulcanischen Thätigkeit auf Querlinien gegen die Senkung hin, während in dem engeren, mehr tellerförmigen süditalienischen Senkungsfelde die Erscheinungen auf den Radialen nicht so regelmässig sind.

Um nun die Verschiedenheit der Vorgänge auf italienischem Gebiete und den Charakter von Vorgängen auf einer solchen Radiallinie näher zu zeigen, wollen wir einen Blick auf jene Linie werfen, welche von Vulcano in den Aetna, nach Paternó und

Mineo, also etwa von Nordnordost gegen Südsüdwest durch den Aetna läuft.

Dem calabrischen Erdbeben von 1783 war durch einige Zeit Unruhe auf dieser Linie vorangegangen.

Nachdem der Berg durch vierzehn Jahre geruht hatte, traten in der ersten Hälfte des Jahres 1780 wiederholte Ausbrüche des Aetna ein; am 18. Mai erfolgten besonders heftige locale Stösse an der Küste zwischen Taormina und Messina, welche mit Explosionen verglichen wurden; im Monate Juni brach unter furchtbarem Getöse Vulcano los; am 14. September wurde Patti, an der Nordküste zwischen Vulcano und dem Aetna liegend, von einem heftigen Erdstosse getroffen; am 13. Februar 1781 war Erdbeben in Messina; am 4. Mai, als der Aetna noch in Thätigkeit war, erfolgte ein Stoss von Nord gegen Süd, von Vulcano über Patti gegen den Aetna. Später, am 5. Februar 1783, begann das grosse calabrische Erdbeben.

Diese selbe Linie ist seit dem Jahre 1873 in Thätigkeit. Ueber die Vorgänge auf Vulcano besitzen wir Berichte von Mercalli und Picone; jene auf dem Aetna und in Sicilien sind auf das Eingehendste von Or. Silvestri untersucht worden.[5]

Seit dem Jahre 1780 war Vulcano in Ruhe geblieben, bis er im Monate Juli 1873 begann, mehr und mehr Dampf auszustossen. Am 7. September stieg eine hohe Rauchsäule empor und nun folgten bis zum 20. October rhythmische, strombolische Ausbrüche und bildeten sich vier grosse Oeffnungen im nördlichen Theile des Kraters. Etwa bis zur Mitte des folgenden Jahres 1874 blieb Vulcano in mässiger Thätigkeit.

Am 29. August 1874 brach Aetna los. Der Gipfel des Berges war vom Cratere elliptico gegen Nordnordost auf eine Länge von 5 Km. gespalten. Eine mächtige Rauchsäule trat hervor; Asche und Schlacken wurden ausgeworfen; durch sieben Stunden vernahm man, wie Silvestri sagt, das eigenthümliche Gebrüll, welches sich bei dem Emporquellen der Lava vernehmen lässt. Da begannen ganz unerwarteter Weise die Anzeichen des nahenden Ausbruches abzunehmen, und am folgenden Tage, den 30. August, schien dieser Paroxysmus beendet. Nun folgten durch längere Zeit heftige Erderschütterungen an dem nördlichen Fusse des Berges.

Wir gelangen zu einer nächsten Phase. Diese begann am 4. October 1878 mit einem heftigen Erdbeben zu Mineo, am südlichsten Ende der Radiallinie. Weitere Stösse folgten; in den ersten Tagen des Monats December traten an den Schlammvulcanen zu Paternó, welches in gerader Linie zwischen Mineo und dem Gipfel des Aetna liegt, Ausbrüche von Gas und Schlamm auf, welche lange andauerten. Vulcano, der seit 1873 nicht ganz zur Ruhe gekommen war, steigerte vom 6. Januar 1879 an seine Thätigkeit. Am 26. Mai wurden wiederholte Erdstösse am südlichen Fusse des Aetna verspürt, und gegen den Abend sah man auf der Höhe des Berges sowohl von SSW. als von NNO. schwarze Rauchsäulen aufsteigen, während sich aus dem Hauptkrater weisser Dampf erhob. Die ganze Hochregion des Berges hatte sich in der Richtung der Radiallinie von SSW. gegen NNO., mit leichter S-förmiger Krümmung die Spalte von 1874 wieder eröffnend, auf 10 Km. Länge mitten durch den Hauptkrater gespalten. Silvestri hat die Einzelnheiten des Ausbruches mit bewundernswerthem Muth und Scharfsinn verfolgt.

Am 6. bis 7. Juni konnte dieser Ausbruch als beendet angesehen werden; daneben, ganz ausserhalb des Gebietes dieser Vorgänge, tief unten an dem östlichen Fusse des Berges, in der Nähe der Vorlagen des Val del Bove gegen das Meer, hatte sich am 1. Juni ein leichter Erdstoss eingestellt. Während die Eruption zu Ende war, hielten hier die Erdstösse an, bis am 17. Juni eine äusserst heftige sussultorische Erschütterung diese scheinbar abseits liegende Gegend traf. Personen auf freiem Felde erhielten die Empfindung, als hätten sie einen Sprung gethan. Mehrere Ortschaften wurden erheblich beschädigt. Die etwa 7 Km. lange grössere Axe des Schüttergebietes war aus OSO. gegen den Gipfel des Aetna gerichtet.[6]

Es steigerten sich die Ausbrüche zu Paternó, am 13. December 1879 war wieder heftiges Erdbeben im Süden bei Mineo.

Schon damals konnte Silvestri aus diesen Vorkommnissen entnehmen, dass in der Tiefe des Erdkörpers eine Spalte vorhanden sein müsse, welche den Aetna von NNO. gegen SSW. durchsetzt, und dass der nördlichste vorgeschobene Nebenkrater des Aetna, bei dem Dorfe Mojo, dann der Hauptkrater, die Schlamm-

ausbrüche bei Paternó und Mineo dem Verlaufe dieser Spalte entsprechen. Seither ist eine weitere Bestätigung eingetreten, indem am 22. März 1883, südlicher und tiefer als bisher, doch abermals von SSW. gegen NNO., unter M. Concilio der Berg auf 5 Km. Länge barst; doch ist auch dieses Mal die Menge herausgetretener Lava nur eine sehr mässige gewesen. Die Thätigkeit und Lage von Vulcano aber lassen diese Spalte als eine Fortsetzung der südlichen Radiallinie der Liparen erkennen. —

Diese Einzelheiten lassen nun die grosse Verschiedenheit zwischen einem aus tangentialer Spannung hervorgegangenen Dislocationsbeben, wie etwa einem nordalpinen Blattbeben, und den Vorgängen auf der Radialkluft eines Senkungsfeldes ersehen.

Bei den neueren Ausbrüchen des Vesuv konnte man stets einen längeren oder kürzeren Zeitraum der Vorbereitung erkennen. Silvestri betont ausdrücklich, dass am Aetna den letzten grossen Ausbrüchen stets eine längere oder kürzere strombolische, d. i. rhythmische Thätigkeit als Einleitung vorangegangen war. Dies deutet an, dass es sich hier nicht um Bewegung grosser Erdschollen gegen einander handelt, sondern um die allmälige und zeitweise Wiedereröffnung verschlackter Kanäle, welche auf den Bruchspalten vorhanden sind.

Es sind aber an anderen Vulcanen Fälle von ruhigerem Aufquellen und Abfliessen von grossen Lavamengen beobachtet worden, und ein merkwürdiges Beispiel dieser Art hat Dutton an dem Mauna-Loa geschildert. Die Ausbrüche der Lava erfolgen hier plötzlich aus Radialspalten; der glühende Strom springt zuerst zu beträchtlicher Höhe auf und fliesst dann ab; einer der drei Ströme von 1881—1882 erreichte die Länge von 80 Km., aber kein Erdbeben, keine gewaltige Erschütterung des Berges, auch kein Hervorstossen von Wolken von Wasserdampf, auch nicht der Aufbau von Aschenkegeln wie auf Kilauea begleitete die Naturerscheinung.[7] Wenn wir also auch bei der Meinung zu beharren haben, dass Dislocationen stets von Erdbeben begleitet sind, gilt dies doch von Eruptionen nicht. Eine nähere Vergleichung der Schilderung Silvestri's, namentlich auch in Bezug auf das Verhalten der Schlammvulcane von Paternó, mit den Angaben Dutton's bestätigt jedoch die Meinung, dass

das Getöse des Ausbruches, die Zerstäubung der Gesteine und selbst gewisse Erschütterungen hauptsächlich dem Wasserdampfe zuzuschreiben sind.

Von besonderer Bedeutung aber scheinen mir die nach der Eruption, zuweilen abseits eintretenden Beben, wie jene am östlichen Fusse des Aetna im Monate Juni 1879, welche einer unterbrochenen Eruption folgten.

Auf einer langen Linie, von Vulcano bis Mineo, bewegt sich die Unruhe; nur an einer Stelle, an den Flanken des Aetna, hoch über Vulcano und hoch über den übrigen erschütterten Gebieten, tritt Lava hervor und erfolgen die Explosionen. Tief unten am Fusse folgen aber auch Erdstösse nach dem Ende der Explosionen. Alle Erschütterungen auf dieser langen Linie konnten als Vorbereitungen zum Ausbruche angesehen werden; für diese Erdstösse kann diese Auffassung nicht gelten.

Man kennt noch eine Gruppe zuweilen recht heftiger, zuweilen örtlich sehr scharf umgrenzter Beben, welche bald in der Nähe thätiger Vulcane, wie am 18. Mai 1780 bei Ali unweit von Taormina in Sicilien, oder am 4. März 1881 zu Casa Micciola auf Ischia, bald von jüngeren erloschenen Vulcanen, wie in vielen Fällen vom Albaner Gebirge oder vom Vultur, bald von alt erloschenen Eruptivstöcken wie am 21. Mai 1882 vom Kaiserstuhle im Breisgau[8] ausgegangen sind, welche eine Anzahl gemeinschaftlicher Merkmale besitzen, und von denen ich auch nicht zu entscheiden wüsste, ob sie als Explosivstösse, als Nachsackungsbeben oder wie sie überhaupt aufzufassen seien.

Weitere Beobachtung wird wohl auch hier den erwünschten Aufschluss bringen. —

Es ist an einer früheren Stelle versucht worden, eine Denudationsreihe der Vulcane zu ermitteln. Von den jüngsten Aschenkegeln der Gegenwart sind wir zu solchen gelangt, deren Gebälke entblösst ist (Venda, Ponza-Inseln) und in deren Unterbau vielleicht schon Spuren von sauren seitlichen Intrusionen sichtbar sind (Venda), welche zur Vergleichung mit den grossen amerikanischen Laccolithen (Henry Mountains u. A.) einladen. An tiefer erodirten Ausbruchstellen zeigten sich innerhalb der deckenförmigen Ergüsse Felsarten von altem Typus (Syenit, Quarzdiorit,

Granit) in der Tiefe des Schlotes (Hebriden, Südtirol); die Reste der Decken verschwanden, der sichtbare Querschnitt der Ausbruchstellen verlängerte sich, und es gewann die Linie der vulcanischen Spalte mehr und mehr Zusammenhang (Banat).

Diese Phase ist es, welche sich mit Silvestri's Beobachtungen über die Vorgänge auf der grossen, den Aetna durchsetzenden Spalte vergleichen lässt.

Die weitere Zerstörung der äusseren Hüllen des Planeten entblösst nun die langgestreckten Narben und jene grossen, in die Sedimente eingetretenen granitischen oder syenitischen Brode, welche ihr Dach verändert haben, und führt uns zu den Spuren einer Reihe grosser abyssischer Vorgänge. Mit diesen Vorgängen scheint das Fehlen der radialen Componente in den Dislocationen unserer Gebirge, das passive Absinken grosser Schollen und ausgedehnter Tafeln in gewaltige Tiefen in irgendwelchem ursachlichen Zusammenhange zu stehen.

Die Aufgabe des nächsten Theiles ist es nun, das Gefüge der wichtigsten Gebirgszüge der Erde nach dem heutigen Zustande der Erfahrung zu überblicken, und dabei zu untersuchen, bis zu welchem Grade in dem Antlitze des Planeten die räumliche Zerlegung jener Spannungen Ausdruck findet, welche aus der Verminderung seines Körperinhaltes hervorgehen.

Anmerkungen zu Abschnitt V: Verschiedenartigkeit der Bewegungen.

[1] R. Hoernes, Erdbebenstudien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1878, XXVIII, S. 387 u. folg.

[2] F. Toula, Ueber den gegenwärtigen Stand der Erdbebenfrage, 8°, Wien, 1881, S. 54.

[3] A. v. Lasaulx, Die Erdbeben, in A. Kenngott, Handwörterbuch d. Mineral., Geol. und Paläontol., I, 1883, S. 358—364.

[4] Die Nachweisungen über dieses merkwürdige Beben hat Hoff vereinigt; Gesch. der natürl. Veränderungen der Erdoberfläche, V, 1841, S. 286—293.

[5] Or. Silvestri, Ueber die Eruption des Aetna am 29. August 1874, übers. von G. v. Rath, Neues Jahrb. Mineral. 1875, S. 36, und dess.: Sulla doppia Eruzione e i Terremoti dell' Etna nel 1879; 2° ed. ampliata del 1° Rapporto present, al R. Governo, 8°, Catania, 1879, 46 pp., tav.; dess.: Lettera all' ill. Prof. L. Palmieri im Boll. Vulc. ital., VII, 1880, p. 9—12 und 82, 86; ferner: Sulla Eruzione dell' Etna scopp. il di 22 Marzo 1883; Rapporto al R. Governo, 8°, Catania, 1883; für Vulcano's Verhalten um diese Zeit: G. Mercalli, Contribuz. alla Geol. delle Isole Lipari, Atti d. Soc. Ital. di Sc. nat. Milano, XXII, 1879, p. 367—380.

[6] Il movimento del suolo fu come una spinta così veemente, che la gente che era per le strade e per le campagne ebbe la coscienza di aver fatto in quel momento come un salto da terra; Silvestri, Rapp., p. 39.

[7] C. E. Dutton, Recent Exploration of the volc. Phenom. of the Hawaiian Islands; Am. Journ. Science, 1883, 3d ser., XXV, p. 222. Der ganze gewaltige Kegel des Mauna-Loa ist nicht aus Asche, sondern aus blasiger Lava erbaut.

[8] A. Knop, Das Erdbeben im Kaiserstuhl im Breisgau am 21. Mai 1882; Beitr. z. naturwiss. Chronik des Grossh. Baden, 1881—1882; aus den Verh. Karlsruh. naturwiss. Vereines, 1883, S. 1—6 und Tafel.

ZWEITER THEIL.

DIE GEBIRGE DER ERDE.

ERSTER ABSCHNITT.

Das nördliche Vorland des Alpensystems.

Die russische Tafel. — Die Sudeten. — Das fränkisch-schwäbische Senkungsfeld. — Ries und Höhgau. — Die Horste. — Quarzgänge in denselben. — Die zackigen Theile der Umrisse. — Sudetische Spuren. — Beziehungen des Alpensystems zu seinem Vorlande.

Die Erschütterungen, welche von dem nördlichen Rande der Alpen in die Granitberge der böhmischen Masse eindringen, setzen dabei von einer Scholle der Erdrinde in eine andere über (S. 105, Fig. 3). Die Verschiedenheit der Structur und der Schichtenfolge in beiden Gebirgen ist in der That ausserordentlich gross. Der einheitliche Bau des Aussenrandes der Alpen und der Karpathen von der Schweiz, durch Baiern, Oesterreich, Mähren, Schlesien und Galizien ist ebenso unverkennbar, als die Mannigfaltigkeit in dem Umrisse der nördlich vorliegenden Massen. Dennoch steht der Verlauf des Umrisses des Alpensystems und seiner äusseren Falten augenscheinlich in einer gewissen Abhängigkeit von diesem nördlichen Vorlande.

Um den Bau des Alpensystems zu verstehen, ist es also nothwendig, auch dieses nördliche Vorland zu kennen, und wenn einerseits bisher zugestanden worden ist, dass der Umriss des Alpensystems von diesem Vorlande abhängig sei, bleibt andererseits die Frage offen, ob nicht auch die Entstehung der Alpen einen Einfluss auf die Structur des Vorlandes ausgeübt hat.

Das nördliche Vorland der Alpen zerfällt in drei von einander sehr verschiedene Theile. Diese sind von Ost gegen West: die russische Platte, die Sudeten und die mitteleuropäischen Gebirgskerne. Unter der letzteren Bezeichnung fasse ich hier der Kürze

halber die böhmische Masse und alles westlich davon in dem Vorlande der Alpen auftretende alte Gebirge zusammen, also den Schwarzwald, die Vogesen, die kleine Masse bei Dôle, das französische Centralplateau und die iberische Meseta.

A. *Die russische Tafel.*

Das fremdartigste Stück des Vorlandes ist die russische Tafel. Um einen Ausgangspunkt für ihre Beschreibung zu finden, muss man weit nach Norden gehen. Schlagen wir Grewingk's Karte der Ostsee-Provinzen auf. Granit und Gneiss bilden den Boden in Finnland und das nördliche Ufer des finnischen Meerbusens. Am südlichen Ufer treten die tieferen Abtheilungen der Silurformation in ganz flacher Lagerung hervor; höhere Abtheilungen folgen südwärts, und sie umfassen noch den nördlichen Theil des Peipus-Sees und gegen West die Insel Oesel. Dann folgt in gleicher, fast horizontaler Lagerung der rothe Sandstein der devonischen Formation; er reicht bis zum südlichen Ende des Peipus und bildet fast ringsum das Ufer des Riga'schen Meerbusens. Noch weiter südwärts lagern dann die mittleren und höheren Theile des Devon, über weite Flächen ausgebreitet, und gegen das nordwestliche Kowno hin greift endlich Zechstein und die Jura-Ablagerung von Popilany über die flachen Tafeln der silurischen und devonischen Schichten.[1]

Den östlichen Karpathen steht kein Gebirgsabhang entgegen, wie etwa der Rand des böhmischen Plateaus; weit breiten sich die Ebenen aus, welche aus Löss, aus verschiedenen Ablagerungen der jüngeren Tertiärzeit und der mittleren und oberen Kreide zusammengesetzt sind. Der Lauf des Dniestr und seiner Nebenflüsse aber lässt unter dieser Decke die Fortsetzung der paläozoischen Platten wiedererkennen, welche wir eben hoch im Norden erwähnt haben. Die rothen Sandsteinmassen des Devon, die merkwürdigen Fischreste, die Meeresconchylien im Silur und dabei dieselbe flache Lagerung haben längst schon die Uebereinstimmung mit der grossen russischen Tafel ausser Zweifel gesetzt. Sie sind niemals gefaltet und neigen sich nur wenig gegen Südwest. Malinski und Barbot de Marny haben in neuerer Zeit die

Fortsetzung dieser Vorkommnisse in den angrenzenden Theilen des südwestlichen Russland verfolgt, und Alth hat alle älteren und neueren Beobachtungen in Oesterreich und Russland zu einem sehr lehrreichen Gesammtbilde vereinigt.[2] An dieses schliessen sich ergänzend die Arbeiten von Paul[3] und die paläontologischen Bemerkungen von F. Schmidt.[4] Endlich hat Alth selbst seither die merkwürdige Thatsache festgestellt, dass sich gegen West zwischen den rothen Sandstein und das Cenoman noch eine oberjurassische Kalkbildung, eine Transgression von westlichem Charakter einschaltet.[5]

Die Entblössungen des alten Gebirges sind allerdings auf die Flussthäler beschränkt, aber die Vereinigung der Beobachtungen lässt nichtsdestoweniger die Hauptumrisse der Verbreitung erkennen. Die Granitplatte, welche am Bug weithin sichtbar wird und sich in das Gouvernement Cherson fortsetzt, bildet die Unterlage; sie ist am Dniestr etwa bis Jampol unterhalb Mohilew zu sehen, und die äusserste Linie von Granitvorkommnissen dürfte sich von hier nordwestlich gegen Proskurow am obern Bug und dann nordnordöstlich gegen Nowogrod-Wolynsk in Volhynien erstrecken. Westlich von dieser Linie trifft man in fast horizontaler Lagerung die paläozoischen Schichten, und zwar werden gegen West immer jüngere Abtheilungen sichtbar.[6] Bei Jampol liegt Sandstein als tiefstes Glied des Silur auf dem Granit; dann folgen höhere Glieder bei Mohilew, Kameniec-Podolski, an der österreichischen Grenze nordwärts bis Tarnaruda und innerhalb derselben am Dniestr bis oberhalb Zalescyki. An den Nebenflüssen des Dniestr, welche alle aus dem Norden kommen, hängt ihre Entblössung von dem Maasse der Auswaschung ab. Den höchsten Abtheilungen des Silur folgt gegen West der rothe devonische Sandstein; er ist am Dniestr bis über Nieznow hinauf, ferner an der Zlota lipa und im Thale des Sered bis 8 Km. unter Tarnopol sichtbar; dann verschwindet er unter viel jüngeren Ablagerungen. —

So liegt also im östlichen Galizien unter der Ebene ein Theil jener merkwürdigen Scholle, welche vom südlichen Schweden durch das nördliche und mittlere Russland her und weit nach Osten hin seit den ältesten Zeiten ihre flache Lagerung bewahrt

hat, und sie lässt auch hier, im Flussbette des Dniestr, eine wesentliche Beirrung ihrer Schichtenlage nicht erkennen.

Zwischen dem Dniestr bei Zalescyki und dem aus gefalteten Neocomschichten zusammengesetzten Aussenrande der Karpathen befindet sich noch ein beträchtlicher Fluss, der Pruth, aber sein Thal, welches beiläufig zur selben Meereshöhe ausgewaschen ist wie jenes des Dniestr, lässt nur tertiären Sand und Thon sichtbar werden.

Vergebens sucht man die Fortsetzung der paläozoischen Schichten; nicht einmal die Kreide ist sichtbar.

Alth vermuthet, es müsse am Ostrande der Karpathen ein grosser Einsturz erfolgt sein, durch welchen ein mehrere Meilen breiter Abgrund gebildet wurde, welchen später die tertiären Absätze ausfüllten.[7] Paul meinte sogar, es könne die Frage nicht unbedingt ausgeschlossen bleiben, ob nicht in den krystallinischen Schiefergesteinen der Karpathen metamorphosirte Aequivalente der podolischen Silurablagerungen zu suchen seien.[8]

Wie dem auch sei, so viel ist sicher, dass diese ganze Serie von mächtigen und gegen Nord und Nordwest so weit verbreiteten Ablagerungen hier plötzlich dem Auge entzogen wird. In der geographischen Breite der böhmischen Silurmulde und noch südlicher als diese kann man am Dniestr Eurypterus Fischeri, Illaenus Barriensis, Phacops Downingiae und andere bezeichnende Fossilien des Nordens sammeln. Noch auffallender ist das Auftreten des alten rothen Sandsteins. Mehr als 30 Breitegrade gegen Nord kann man ihn verfolgen, seitdem kürzlich seine Aequivalente von Nathorst auf Spitzbergen nachgewiesen wurden.[9] Von Spitzbergen findet der alte rothe Sandstein seine Fortsetzung über die Orkney's nach Schottland und bis nach Wales. Einzelne alte Sandsteinschollen in Norwegen scheinen hieher zu gehören. Die südlichsten Strecken sind jene im Angesichte der Karpathen, und von hier haben wir uns wieder weit nordwärts zu wenden, um die Fortsetzung der scandinavischen Vorkommnisse am Riga'schen Meerbusen zu treffen. Von hier aber zieht die weitere Fortsetzung östlich und nordöstlich gegen das weisse Meer, als sollte die scandinavisch-finnische Masse rings von einem grossen Gürtel des alten rothen Sandsteins umgeben sein.[10] —

Geht man von dem Rande der Karpathen bei Kutty gegen Nordnordost, so erreicht man in etwa 34·5 Km. die Mitte des Pruththales oberhalb Sniatyn und nach weiteren 25 Km. die paläozoischen Ablagerungen bei Zalescyki. Innerhalb dieser 25 Km. muss dieser ohnehin stellenweise, wenn auch nur flach gegen Südwest geneigte Theil der russischen Platte durch diese flache Neigung, durch Beugung oder durch Bruch so tief gesenkt sein, dass er im Thale des Pruth nicht mehr sichtbar ist, und die Senkung muss wohl auch noch weiter gegen die Karpathen hin und unter dieselben sich fortsetzen.

Alle Umstände führen zu der Vermuthung, dass ein Theil der russischen Tafel von den karpathischen Faltungen überwältigt worden ist.

B. Die Sudeten.

Die flach gelagerten Glieder der russischen Tafel verschwinden gegen West unter der Ebene; es ist nicht sicher, ob sie unter der jungen Ueberdeckung den Bug überschreiten, aber es ist sicher, dass sie den Sanfluss nicht erreichen.

Schon ziemlich weit östlich von diesem Flusse, in der Nähe des Ortes Lubaczow, hat Hilber an zwei Stellen das Heraustauchen steil aufgerichteter Schichten von grauem Schieferthon wahrgenommen.[11]

Im südlichen Radom, bei Sandomir, Kielce und Chienciny erhebt sich ein kleines selbständiges Gebirge, welches wir mit Pusch das Sandomirer Gebirge nennen wollen. Es besteht, wie F. Roemer und Hempel gezeigt haben, aus einer Anzahl östlich oder ostsüdöstlich streichender Falten und tritt nach Tietze's Beobachtungen auch auf österreichischem Gebiete, bei Gorzyce, hervor.[12] Die ganze Reihe der Trias und ein Theil der Juraformation sind vorhanden und haben an den Faltungen theilgenommen. Das tiefste Glied ist nach Zeuschner silurischer Graptolithenschiefer, denn die mächtigen Quarzite, welche an den Sätteln des Gebirges hervorragen, dürften schon dem Unterdevon zufallen. Auch eine reiche mitteldevonische Fauna hat derselbe hier angetroffen, welche dem Eiflerkalk entspricht,[13]

und F. Roemer hat noch eine oberdevonische Fauna nachgewiesen, welche mit dem Goniatitenschiefer von Büdesheim und dem Nassau'schen Cypridinenschiefer übereinstimmt.[14] Die Carbonformation scheint gar nicht vertreten zu sein; Zechstein mit Productus horridus folgt auf Devon, dann Triasbildungen.

Das ist nicht mehr die Schichtfolge und die Structur der russischen Tafel, und wenn auch weit im Norden in den Domanikschiefern ein Aequivalent der Büdesheimer Goniatitenschiefer bestehen und im Ural noch Devonkalk mit Stringocephalus Burtini vorkommen mag, stimmt doch, was aus dem Sandomirer Gebirge bekannt ist, so sehr mit allen westlichen Vorkommnissen bis zu den Sudeten überein, dass wir eine Grenzlinie östlich vom Sanflusse suchen müssen.

In der That taucht nun aus dem weit gegen West sich erstreckenden Lande da und dort altes Schichtgebirge hervor; so Mitteldevon und Kohlenkalk bei Debnik nördlich von Krzezowice, Stringocephalen-Kalkstein bei Siewersz und devonischer Schiefer bei Tost, nördlich von Gleiwitz, bis endlich jenseits der oberschlesischen Kohlenfelder die Abhänge der Sudeten erreicht sind.

Nur der südliche Theil der Sudeten wird uns beschäftigen. Ich müsste weit über den Rahmen dieser Schrift hinausgehen, wenn ich die zahlreichen verdienten Forscher aufzählen wollte, welchen die Kenntniss von dem Baue dieses Gebirgszuges zu verdanken ist. Für das österreichische Gebiet nenne ich nur H. Wolf und D. Stur,[15] für den Rand der Karpathen und das Gebiet von Krakau Hohenegger und Fallaux,[16] für Oberschlesien und die benachbarten Theile Polens F. Roemer.[17]

Der südliche Theil der Sudeten hat ganz monoklinale Structur, und von den höchsten Kuppen gegen Ost herabsteigend begegnet man im Allgemeinen bis weit in die polnische Ebene hinaus immer jüngeren Schichten. Die ältesten Abtheilungen dieser Serie, welche am höchsten ansteigen, haben im Allgemeinen auch die steilste Lagerung; die zunächst folgenden Glieder, bis zu den Kohlenflötzen hinab, zeigen oftmalige untergeordnete Falten und Knickungen, durch welche ihre ohnehin beträchtliche Mächtigkeit scheinbar noch vergrössert wird. Die jüngeren Glieder lagern in der Ebene

flach, während es weiter im Norden nicht an Anzeichen fehlt, dass noch nach der Kreidezeit grosse Faltungen eintraten.

Eine nähere Prüfung dieser grossen ostwärts geneigten Serie zeigt aber, dass sie nicht vollständig ist; mehrere Glieder, wie Lias, Neocom, Gault, Eocän, fehlen derselben; jeder Lücke ist eine Transgression gefolgt, welche auf einer weithin abgewaschenen Fläche der älteren Bildungen stattfand, und da diese älteren Bildungen der Abrasion nicht horizontale Flächen boten, liegt z. B. bunter Sandstein da auf Culmschiefer und dort, unweit davon, auf carbonischem flötzreichen Gebirge u. s. w. Es sind aber offenbar sehr gleichförmige und einander ähnliche Bewegungen gewesen, welche zu wiederholten Malen Abrasion und Transgression veranlasst haben.

Der Ostabhang des Gebirges selbst, von der Höhe bis herab zu der Ebene des flötzreichen Gebirges, besteht in einer Breite von mehreren Meilen aus Devon und Culm. Auf den muthmasslich archäischen Felsarten liegt hier unterdevonischer Quarzit mit Homalonotus crassicauda, Grammysia Hamiltonensis und Spirifer macropterus. Diese Zone streicht in der Gegend von Zuckmantel und Würbenthal etwa von Nord gegen Süd und wendet sich dann gegen Südsüdwest. In dieser Richtung erstreckt sich das unterdevonische Gebirge noch sehr weit fort und erreicht sogar bei Petrowitz, östlich von Raitz (nördlich von Brünn), jene Narbe, d. i. jenen grossen, hier durch einen Syenitzug ausgezeichneten Hauptbruch, welcher die Sudeten scharf von der böhmischen Masse scheidet.

Die nächste Zone gegen Ost ist von mitteldevonischem Alter. Von Bennisch bis Sternberg herab ist dieselbe durch das Vorkommen eines Zuges von Eisensteinen, dann durch Schalsteine, Diabas-Mandelsteine und untergeordnete Kalklagen ausgezeichnet. Phacops latifrons bezeichnet das Alter. Weiter im Süden besteht diese Zone nur aus Kalkstein und sie erreicht ebenfalls nördlich von Brünn, und zwar in beträchtlicher Breite, den Syenit.[18]

Nun folgt die breiteste dieser Zonen, der Culm mit den Dachschieferbrüchen. Stur hat innerhalb dieser Zone, deren Felsarten sehr mannigfaltig sind, drei Horizonte unterschieden. Posidonomya Becheri und Archaeocalamites radiatus sind die wich-

tigsten Fossilien. Diese Zone tritt in der Nähe von Hultschin in einem stumpfen Winkel gegen Ost vor, und dort ist in steiler Schichtstellung die Berührung mit den folgenden flötzführenden Ablagerungen sichtbar. In ihrer Fortsetzung gegen Süd und Südwest gelangt ihr östlicher Rand südlich von Weisskirchen in unmittelbare Berührung mit dem äusseren Rande der Karpathen. Die Berührung beider Gebirge ist eine so innige, dass die europäische Wasserscheide ganz in die sudetische Culmzone fällt.

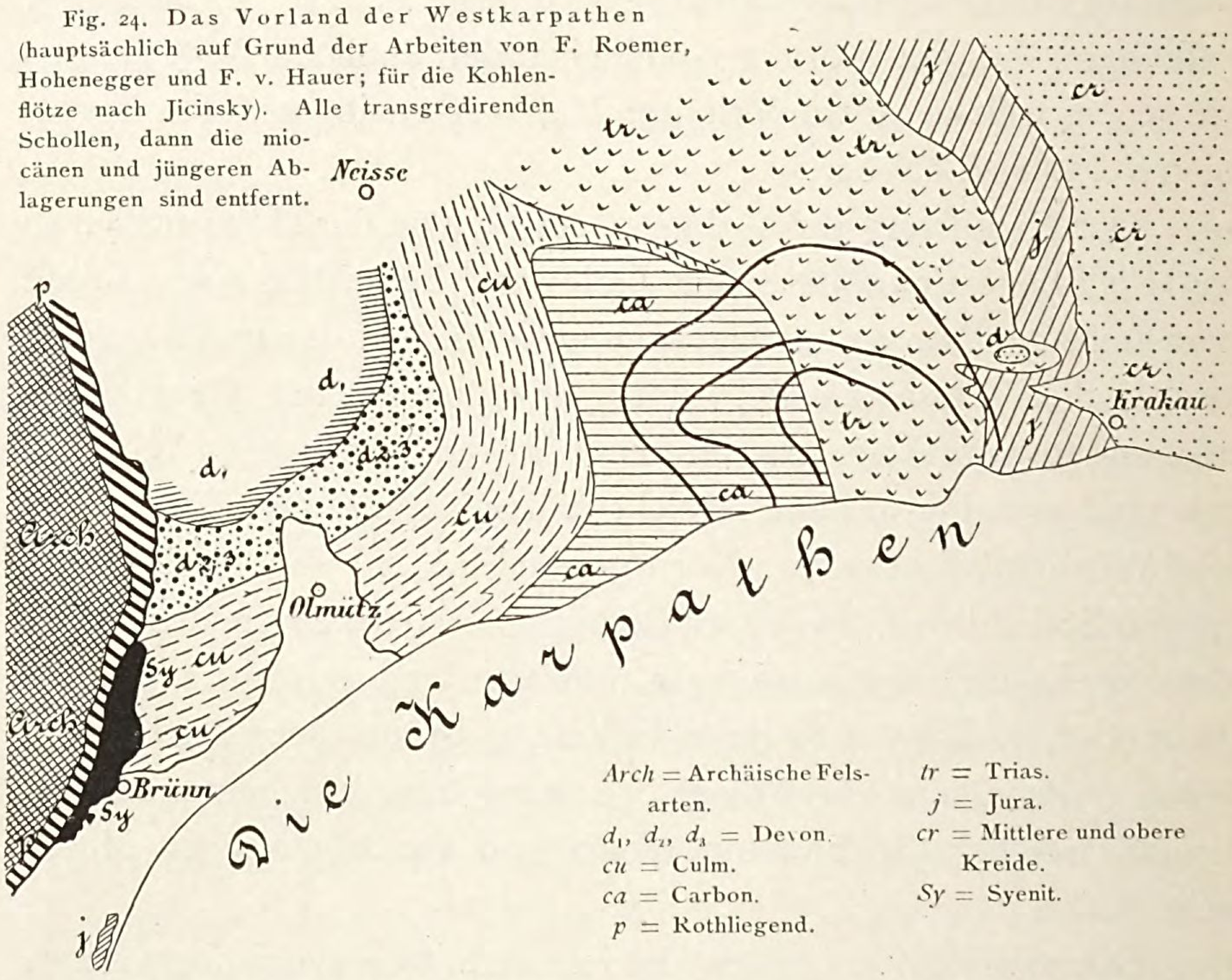


Fig. 24. Das Vorland der Westkarpathen (hauptsächlich auf Grund der Arbeiten von F. Roemer, Hohenegger und F. v. Hauer; für die Kohlenflötze nach Jicinsky). Alle transgredirenden Schollen, dann die miocänen und jüngeren Ablagerungen sind entfernt.

Diese Zone ist die letzte, welche südlich von Weisskirchen und Leipnik sich als Höhenzug fortsetzt; sie bildet den äusseren Saum der Höhen, welche gegen Brünn hinabziehen. Alle folgenden Abtheilungen der sudetischen Serie verschwinden zwischen dieser Berührungsstelle und der Gegend von Krakau.

Bei Hultschin, sagten wir, folgt auf die obersten Lagen des Culm die Reihe flötzführender Ablagerungen. Die mürbe Beschaffenheit der Mehrzahl ihrer Gesteine bringt es mit sich, dass sie kein Gebirge bilden, sondern eine von zerstreuten Hügelgruppen unterbrochene Ebene. Sie bilden auch keine den Sudeten

parallel streichende Zone, wie Devon und Culm, sondern es schiebt sich im Norden, wie F. Roemer ausführlich gezeigt hat, im weiten Bogen eine Reihe von Culmvorkommnissen vor, von dem vorspringenden Theile der Hauptmasse bei Hultschin über Katscher, östlich von Leobschütz, nördlich von Kosel gegen Tost, und diese Linie, in Verbindung mit dem Auftreten von devonischem Kalkstein bei Siewerz und von Devon und Kohlenkalk nördlich von Krzezowice, umgrenzt den Raum, innerhalb dessen Kohlenflötze bekannt sind.[19]

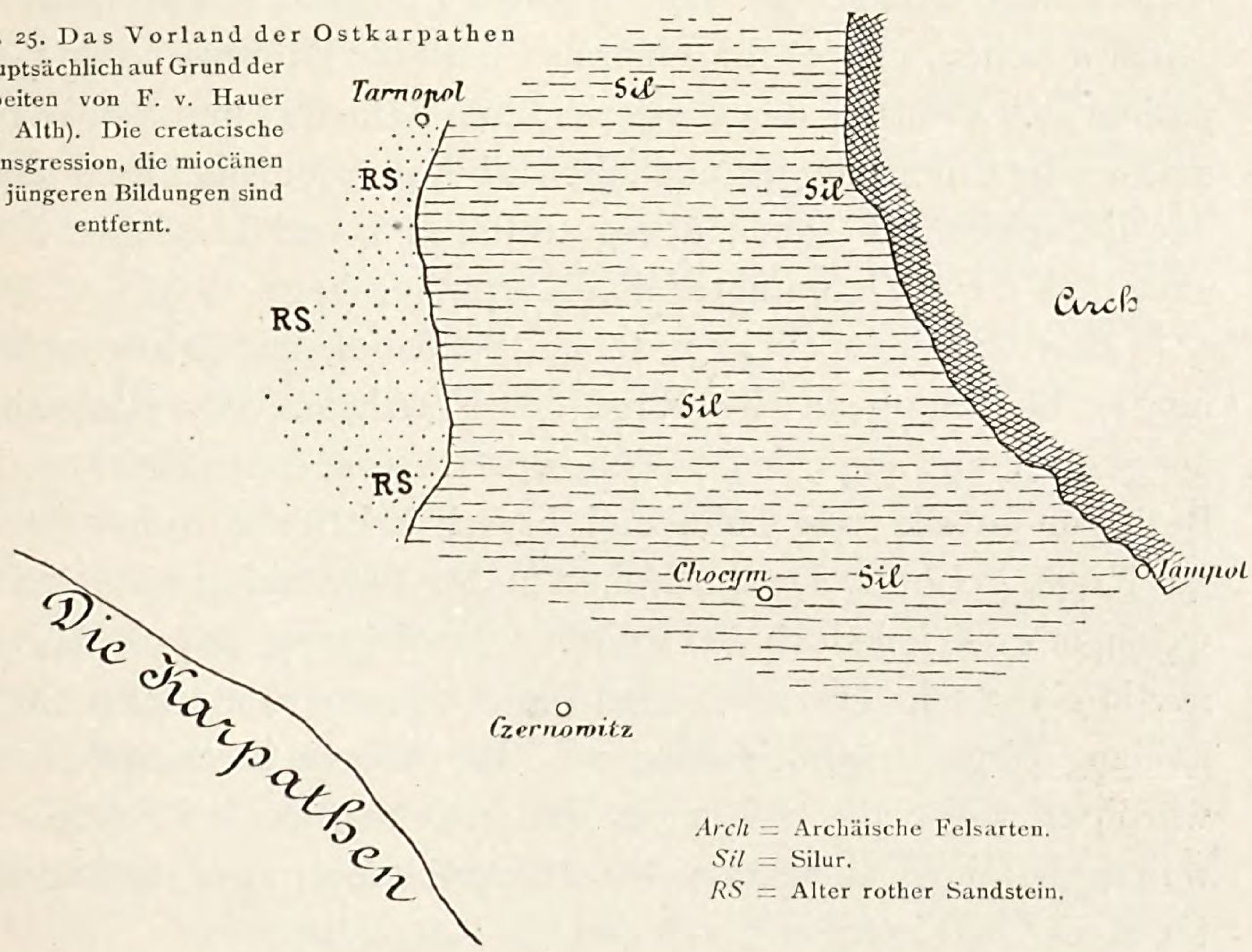


Fig. 25. Das Vorland der Ostkarpathen (hauptsächlich auf Grund der Arbeiten von F. v. Hauer und Alth). Die cretacische Transgression, die miocänen und jüngeren Bildungen sind entfernt.

Man bemerkt, dass dieser Bogen gegen West, Nord und Ost geschlossen, gegen die Karpathen hin aber offen ist. Bergdirector Jicinsky hat es versucht, auf Grund der Erfahrungen des Bergbaues den Zusammenhang der Hauptflötze in dem gesammten Revier zu ermitteln und ist ebenfalls zu einer Reihe von grossen Bogen gelangt, welche unter der Triasformation sich fortsetzen und gegen die Karpathen geöffnet sind.[20]

Diese Lage der Dinge ist für mich der Beweis, dass das schlesische Kohlengebirge thatsächlich unter die Karpathen sich fortsetzt.

Hochstetter hat diese Vermuthung schon seit langer Zeit ausgesprochen;[21] ich selbst habe sie immer getheilt;[22] Stur ist bei seinen Betrachtungen von dieser Voraussetzung ausgegangen;[23] Jicinsky hat die muthmassliche Fortsetzung der Flötze unter die Karpathen schon durch Punktreihen angedeutet und in diesem Sinne ein ideales Profil entworfen. Da jedoch dieses Kohlengebirge concordant auf dem Devon und dem Culm der Sudeten lagert und die Verschiedenheit der Oberflächengestaltung nur der grösseren Zerstörbarkeit des Steinkohlengebirges zuzuschreiben ist, muss man dasselbe als einen normalen Bestandtheil der Sudeten selbst ansehen, und es folgt hieraus, dass die Faltungen der Karpathen sich wohl an den aufgerichteten Schiefer- und Sandsteinmassen der Culmzone gestaut haben, aber über die niedrige Fläche der flötzreichen Region hinübergetreten sind, und dass in der That ein Stück der Sudeten unter den Karpathen liegt.

Man hat denn auch, z. B. bei Schönhof, mit Erfolg Schürfungen bis knapp an den Rand der Flyschzone der Karpathen ausgeführt, und sogar in der Nähe von Hustopec, nördlich von der Berührungsstelle von Culm und Flysch bei Weisskirchen, noch auf Kohle gebohrt. Dort traf man in der That auf ein Flötz, von welchem es sich jedoch bei weiterer Ausrichtung zeigte, dass es nur in einen sehr grossen, losen Block von zertrümmertem Steinkohlengebirge eingeschlossen sei. Im Allgemeinen sind merkwürdiger Weise die Störungen und Knickungen der Flötze, soweit die heutigen Aufschlüsse beurtheilen lassen, gegen die Sudeten hin steiler und heftiger als gegen die Karpathen.

Trotz der grossen, auf österreichischem Gebiete auf mehrere tausend Fuss geschätzten Mächtigkeit der flötzreichen Ablagerungen, glaube ich dennoch nicht, dass sie in einer dem heutigen Umrisse entsprechenden Mulde abgelagert worden seien, sondern halte sie nur für Reste einer viel weiter ausgedehnten Ablagerung, welche in einer weiten Mulde bewahrt worden sind von jener grossen vortriadischen Abrasion, welche alles Land bei dem Vordringen des bunten Sandsteins ebnete, den Culmsattel bei Tost hervortreten liess und die permischen Ablagerungen, von welchen nur vereinzelte Spuren sichtbar geblieben sind, zerstörte. —

Ueber diesen paläozoischen Ablagerungen der Sudeten liegt nun mit sehr flach gegen Ost oder Nordost geneigten Schichten eine mannigfaltige Reihe von mesozoischen Meeresbildungen. Der Verlauf ihres Westrandes ist bedingt durch das Maass der Zerstörung, welcher sie unterworfen gewesen sind, der sichtbare Ostrand durch das Ausmaass der Abwaschung und Zerstörung des auflagernden, nächst jüngeren Gliedes. So entstehen jene parallelen oder concentrischen Formationsgrenzen auf den Karten, welche so oft für eben soviele Anzeichen der Senkung, z. B. im Pariser Becken, angesehen worden sind.

Diese flache Lagerung ist, so weit meine Erfahrungen reichen, nur durch eine grössere Störung unterbrochen, über deren Zusammenhang mit dem sonstigen Baue des Landes ich trotz mehrmaligen Besuches der Strecke zu keinem bestimmten Urtheil gelangen konnte. Es ist dies eine quer auf dem Streichen dieser mesozoischen Gürtel liegende Synklinale oder Grabenverwerfung, an welcher alle Schichten, auch die Kreide, theilnehmen, deren Axe etwas nördlich von Krakau liegt, und welche mit westnordwestlicher Richtung über Trzebinia hinaus gegen Myslowitz streicht (Fig. 24); sie ist anfangs ziemlich weit, wird dann enger und steiler und dürfte gegen Myslowitz in einen einfacheren Bruch übergehen; vielleicht geht noch eine zweite solche Störung von dieser in der Richtung Trzebinia-Chrzanow ab. Mit dieser Ausnahme ist der Verlauf der mesozoischen Zonen sehr regelmässig und wird auch durch die hervortretenden Kuppen alten Gebirges wenig beirrt.

Die Triaszone ist gegen West in zahlreiche einzelne Kuppen aufgelöst, sinkt im Norden nach Roemer's Untersuchungen etwas westlich von der Wartha unter den braunen Jura hinab, wird von der eben erwähnten Störung Krakau-Myslowitz betroffen und fällt im Angesichte der Karpathen, südlich von dieser Störung, den Höhenzug zwischen Alwernia und Chelmek bildend, zur Weichsel ab. Die Lagerung scheint hier ganz flach zu sein. Den Fuss des mit den Resten der Veste Lipowec gezierten Abhanges bildet bunter Sandstein. Jenseits der Weichsel befindet sich der Fuss der Karpathen, hier nach Hohenegger aus gefalteten Nummulitenschichten bestehend. Die Entfernung des Fusses beider Höhenzüge beträgt 9·5 Km. [24]

Ueber der Triasformation ist die rhätische Stufe nur örtlich und in untergeordneter Weise vertreten; Lias bleibt ganz unsichtbar; im Norden treten thonige Gesteine mit Perisphinctes Parkinsoni, im Süden die Oolithe von Balin mit Stephanoc. macrocephalum über den Keuper vor; über diesen erscheint im Süden blauer Thon mit Belemn. semihastatus, dann sind sie überragt von weissen Jurakalk-Felsen, welche von Czenstochau an einen landschaftlich sehr hervortretenden, zusammenhängenden Zug an der Ostseite der Wartha über Olkusz bis Krakau und bis knapp an den Fuss der Karpathen bilden. Ostwärts sinken sie bei Lelow und in der Nähe von Krakau unter die zusammenhängende Decke von Cenoman. Diese Jurakalke widerstehen der Denudation in höherem Grade als die Sandsteine und Thone der älteren Stufen des mesozoischen Gebirges, und selbst als die zwischen minder widerstandsfähige Schichten eingeschalteten Kalkbänke der Trias. Dies ist offenbar der Grund, warum man den Jurakalk auch quer über das Thal der Weichsel bis ganz an den Rand der Karpathen verfolgen kann.

Die Breite des sich in einzelne Kuppen auflösenden Jurazuges im Angesichte der Karpathen zwischen Mirow und Podgórze ist eine ganz ansehnliche. Zwischen Tyniec und Podgórze überschreitet derselbe die Weichsel, mehrere kleinere Massen ragen aus den Alluvien hervor, und die letzte Kuppe, bei Kurdwánow westlich von Wieliczka, steht nur 2 Km. vom Karpathenrande bereits innerhalb jenes Saumes von tertiärem schwefel- und salzführenden Thon, welcher bei Wieliczka selbst von den Karpathen in grossen Falten nordwärts überschoben ist.[25]

Diese sehr bemerkenswerthe Berührungsstelle zeigt, dass der weit aus Nordwest herstreichende Jurazug in der Nähe der Karpathen keine Ablenkung erfährt, sondern dass er unter die Karpathen hinabsinkt.

Ueber dem Jura fehlt Neocom und Gault; die Cenomanstufe greift, wie das an so vielen Orten sichtbar ist, weit über die älteren Stufen vor und grosse vereinzelte Schollen erscheinen sogar westlich von der Triaszone bei Oppeln und unmittelbar auf der Culmzone bei Hotzenplotz. Diese Transgression verräth das grosse Ausmass der Abrasion, welche vorhergegangen sein muss. Der

Culmschiefer lag bereits bloss, die Trias musste von einem grossen Theile des Kohlenreviers entfernt sein, und es bleibt daher wenig Zweifel darüber, dass zu jener Zeit, in welcher die miocänen Ablagerungen bei Wieliczka von den Karpathen vorwärts gedrängt wurden, die Abnagung nicht nur des Carbon, sondern auch von Trias und Jura beiläufig ebenso weit vorgeschritten war wie heute.

Ein zusammenhängender Saum von Kreideablagerungen erscheint aber erst im Osten zwischen Wartha und Pilica, zieht sich bei Krakau in die Mulde von Trzebinia hinein und erreicht endlich die Weichsel; wie die Triasformation ist auch die Kreide gegen die Karpathen hin abgewaschen, und jenseits der Weichsel kenne ich wenigstens in der Gegend von Krakau nur undeutliche Spuren. Ostwärts bedeckt sie nun weithin die Ebene.

Eocäne Ablagerungen sind in dem ganzen Vorlande der Karpathen nicht bekannt; zahlreiche vereinzelte Schollen einer miocänen Meerestransgression finden sich über den Kohlenfeldern; die Ablagerungen dieses Alters erlangen am Saume der Karpathen grosse Mächtigkeit und sind, wie ich bereits erwähnt habe, in demselben von den Karpathen her in grosse Falten überschoben. —

Hiemit sind wir an jenen Ablagerungen angelangt, welche an den Bewegungen der Karpathen unmittelbar Antheil nehmen. Im Ganzen aber erkennt man Folgendes:

Die archäischen Gesteine der Sudeten erreichen südwärts ohne Beirrung den grossen Bruch von Brünn; dasselbe gilt von der unterdevonischen und von der mitteldevonischen Zone. Der äussere Rand der Culmzone tritt mit dem äusseren Rande der Karpathen südlich von Weisskirchen in Berührung; beide sind aneinandergepresst; alle weiteren Zonen der Sudeten bis zur polnischen Ebene hinaus, Carbon, Trias, Jura und Kreide, sinken von Norden her unter die Karpathen hinab.

Was zu Tage diese Berührungsstelle überschritten hat, nämlich Archäisch, Devon und Culm, wird von dem Bruche bei Brünn gegen die böhmische Masse plötzlich abgeschnitten, und die Fortsetzung der äusseren Zonen der Sudeten ist unter der mährischen Ebene zu suchen.

Wer also den Bau der Karpathen richtig beurtheilen will, darf nicht ausser Acht lassen, dass trotz des regelmässigen Verlaufes seiner Falten dieses Kettengebirge wenigstens zum Theile auf zwei anderen, sehr verschiedenartigen Schollen der Erdrinde ruht, nämlich im Osten auf der russischen Tafel und im Westen auf dem südöstlichen Theile der ostwärts geneigten Sudeten.

C. Das fränkisch-schwäbische Senkungsfeld.

Ein langer Saum von Rothliegendem bezeichnet vom Südfusse des Riesengebirges her den wahren Rand der böhmischen Masse. In der Gegend von Brünn neigen sich die Schichten steil ostwärts gegen den Bruch; an einer Stelle, bei Rossitz südlich von Brünn, erscheint zwischen der archäischen Unterlage und dem Rothliegenden noch eine kleine Scholle des oberen Carbon mit bauwürdigen Flötzen, und noch weit im Süden, bei Zöbing unweit von Krems, haftet an der Aussenseite des Bruches eine Scholle von Rothliegendem.

Bis Brünn hinab standen die Sudeten zwischen der böhmischen Masse und den Karpathen; nun reicht der Blick von den Abhängen des Manhartsgebirges, welches den Rand der böhmischen Masse bildet, frei über die Ebene zu dem hier allerdings durch Einsturz lückenhaften Saum der Flyschzone.

Auf der Höhe der böhmischen Masse sieht man hier weithin nur archäische Felsarten, aber die gleichsam fragend aufragenden Schichtenköpfe des Rothliegenden an dem Randbruche zeigen, dass ihre Fortsetzung einst das ganze Land bedeckt haben muss. Im Norden ist ihre Verbreitung wohl bekannt, aber auch im Süden, bei Budweis, mitten in dem Hauptgebiete archäischer Felsarten, liegt eine vereinzelte Scholle.[26]

In Sachsen ist eine beträchtliche Denudation der carbonischen Flötze vor der Ablagerung des übergreifenden Rothliegenden nachgewiesen.[27] Sucht man aber den westlichen bairischen Rand der grossen Masse auf, so trifft man, wie Gümbel gezeigt hat, auch hier einen Abbruch, welcher noch dazu im Fichtelgebirge und durch seine ganze Fortsetzung im Thüringerwalde das

Streichen des Gebirges quer durchschneidet, und längs dieses Abbruches ragt derselbe Saum von steil gestelltem Rothliegenden empor mit denselben vereinzelten Schollen des oberen flötzführenden Carbon, welche wir an der Ostseite bei Rossitz kennen. Die Beschreibungen der Vorkommnisse von Stockheim und Erbendorf, sowie des ganzen, wenn auch unterbrochenen Saumes von Rothliegendem an dem Rande des alten Gebirges vom Thüringerwalde bis zur Walhalla bei Regensburg herab, welche selbst noch auf Rothliegendem erbaut ist, zeigen die auffallendste Uebereinstimmung mit der östlichen Bruchlinie vom Südfusse des Riesengebirges über Brünn, Rossitz und Zöbing.[28] —

Was jenseits dieses westlichen Randes liegt, bis weit zum Schwarzwalde hinüber, hat aber einen gar eigenthümlichen Bau. Die ganze Decke von Trias- und Jurabildungen, welche in der Gestalt eines Dreieckes gegen Ost vom Thüringer- und Frankenwalde, dem Ende des Fichtelgebirges und dem bairischen Walde, gegen West vom Oden- und Schwarzwalde begrenzt wird, und welche im Süden zwischen Schaffhausen und Regensburg an einem grossen Bruche, dem Donaubruche, endet, gleicht der eingebrochenen Eisdecke eines entwässerten Teiches. Von den alten Granit- und Gneissgebirgen im Osten und im Westen sinken Trias und Jura in Staffeln zur Tiefe, bevor der grosse Querbruch an der Donau erreicht ist, fallen noch kreisförmige Stücke mitten im Streichen der Juraformation zur Tiefe hinab und eines derselben erzeugt den wunderbaren Rieskessel bei Nördlingen. Alle die mannigfaltigen Lagen der schwäbischen Juraformation brechen aber sammt der unterliegenden Trias jenseits des Rieskessels längs der Donau zur Tiefe hinab, und ihre Fortsetzung befindet sich unter jener Ebene, an deren südlichem Rande sich die Alpen erheben.

Seit längerer Zeit hat man den Abbruch an der Donau als den Rand einer grossen Absenkung und den Rieskessel als einen Einsturz richtig erkannt; dass dies aber nur Theile eines einzigen grossen, bis zum Vogelsberge und bis zum Thüringerwalde reichenden Vorganges der Einsenkung sind, zeigt deutlich eine lange Reihe von Beobachtungen über die Verwerfungen, welche gegen Ost und gegen West den Fuss der alten Gebirge begleiten.

Ich will nur einige neuere Angaben anführen und beginne im Nordosten, am Rande des Thüringerwaldes.

H. Credner hat die linearen, von Nordwest gegen Südost verlaufenden Verwerfungen, welche das Land zu beiden Seiten des Thüringerwaldes durchschneiden, im Jahre 1855 ausführlich beschrieben; jene des südwestlichen Abhanges, welche für uns von Bedeutung sind, haben Bücking und Frantzen neuerdings untersucht und von einzelnen derselben geradezu monographische Darstellungen gegeben.[29]

Diese Arbeiten beziehen sich hauptsächlich auf die Strecke von dem ebenfalls durch eine Verwerfung abgegrenzten archäischen Kerne des Thüringerwaldes nördlich von Schmalkalden bis Meiningen herab. Die Verfasser gehen in dankenswerther Weise in die Einzelheiten der Bewegung jeder Scholle ein. Man kann bemerken, dass einzelne dieser Verwerfungen von Stauung oder Schleppung begleitet sind, andere dagegen nicht, und dass das staffelförmige Absinken, obwohl im Ganzen unzweifelhaft, doch unterbrochen wird durch einzelne Brüche, an welchen nicht der südliche, sondern der nördliche Rand abgesunken ist, durch Grabenbildungen, d. i. durch die Versenkung längerer Streifen zwischen zwei Brüchen. An der am genauesten von Bücking besprochenen Verwerfung zwischen Möckers und Benshausen ist in der nordwestlichen Hälfte der nördliche Theil gesenkt, mit einem Niveau-Unterschiede von 370—450 M., während gegen Südost eine ganz kurze Unterbrechung vorhanden ist, verbunden mit einem Querbruche, und in dem übrigen südöstlichen Theile die Südseite gesenkt ist.

Hier ist also mitten in dem Verlaufe des Bruches gleichsam eine neutrale Stelle vorhanden und zu beiden Seiten derselben die Bewegung im entgegengesetzten Sinne erfolgt; dies ist dieselbe Erscheinung, welche an der grossen Sevier-Linie in Utah erwähnt worden ist (S. 172), und derartige Vorkommnisse verrathen die Passivität der sinkenden Scholle.

Weiter gegen Süd gestalten sich die Verhältnisse einfacher; Gümbel hat gefunden, dass an dem Aussenrande des Neuwaldes und des Fichtelgebirges die mesozoischen Schichten stets aufgerichtet, stellenweise sogar überkippt sind, in geringer Entfernung

vom alten Gebirge jedoch eine flache Lagerung annehmen. Zugleich sind vier lange, dem Gebirgsrande beiläufig parallele Störungslinien sichtbar, welche in fast gleichen Zwischenräumen von je 8 Km. nebeneinander herlaufen, sich gegen Südost bis an den Westrand des fränkischen Juragebirges erkennen lassen und zum Theile sogar bis gegen die Thalung der Donau herabreichen.

Diese vier hauptsächlichen ‚Zerspaltungen' sind wohl von Verschiebung, Aufrichtung und Quetschung, aber nicht von Faltung begleitet. Gümbel hebt hervor, dass ihr Parallelismus unter einander und mit dem Gebirgsrande für die Identität der Ursache sprechen, und hat diese Brüche mit besonderen Namen belegt; sie sind auf dem letzterschienenen Blatte der geognostischen Karte von Baiern auf der Strecke von Coburg bis über Thurnau hinab verzeichnet.[30]

Nun verlassen wir den hercynischen Rand mit seinen südöstlich streichenden Störungen, reisen nordwärts über das Triasgebiet, treffen bei Kissingen eine Kreuzung von mächtigen Verwerfungen, welche nach Südost streichen, mit solchen, die gegen Südwest verlaufen,[31] und wenden uns dem Odenwalde zu.

Abermals zeigt sich hier, wie zu beiden Seiten der böhmischen Masse, ein den archäischen Kern umgebender Gürtel von steil abfallendem Rothliegend; die vereinzelten Schollen von Carbon, welche wir dort haben, sind aber hier bisher vergeblich gesucht worden. In dem anschliessenden mesozoischen Lande folgen auch ähnliche parallele Brüche. Benecke und Cohen haben erst jüngst eine Uebersicht derselben für die südlichen Umgebungen des Odenwaldes gegeben.[32]

Es sind nach diesen Angaben drei Systeme von Spalten hier zu unterscheiden, nämlich erstens Spalten, welche gegen Nordnordost verlaufen und in der Nähe des Rheinthales liegen, zweitens solche, die gegen Nordost streichen und dem Aussenrande des Odenwaldes entsprechen, und endlich eine untergeordnete Gruppe von gegen Nordwest gerichteten Spalten, welche die zweite Gruppe rechtwinklig kreuzt.

Die erste Gruppe hat die Einsenkung des Rheinthales veranlasst; sie verräth sich hauptsächlich an dem Ostrande der

Vogesen, des Hardtwaldes und wohl auch des Taunus, und an dem Westrande des Schwarzwaldes und des Odenwaldes; dies sind die Rheinspalten. Die zweite Gruppe entspricht der Umrahmung des grossen schwäbisch-fränkischen Senkungsfeldes, und die dritte betrachten wir als die Radialspalten desselben.

Südlich von Heidelberg, wo die archäischen Gesteine des Odenwaldes nicht mehr sichtbar sind und die Triasformation an den Rand des Rheinthales tritt, treffen die Odenwaldspalten, welche die zweite Gruppe bilden, auf die Rheinspalten, und hier liegt die schon im Jahre 1859 von Deffner und Fraas in allen wesentlichen Zügen richtig aufgefasste Juraversenkung von Langenbrücken.[33]

Knapp an dem Rande des Rheinthales wird nämlich an dieser Stelle eine Odenwaldspalte mit abgesunkenem Nordflügel von einer Rheinspalte geschnitten, und in dem spitzen Winkel, welchen beide Spalten bilden, ist, indem gegen den Durchschnittspunkt die Senkung zunimmt, eine vereinzelte keilförmige Scholle der Juraformation mitten im Triasgebiete vor der Zerstörung bewahrt geblieben, als eines der nicht seltenen Zeichen einer früheren grösseren Verbreitung dieser Schichten.

Sowie aber an der Versenkung von Langenbrücken der dem Odenwalde näherstehende, nämlich der nordwestliche Flügel der gesunkene ist, so ist es auch an der von Benecke und Cohen beschriebenen Hilsbacher Linie der Fall, und die genauer bekannten Verwerfungen der südöstlichen Abhänge des Odenwaldes zeigen daher im Gegensatze zu der grossen Mehrzahl der anderen Brüche des fränkisch-schwäbischen Senkungsfeldes den nördlichen Flügel in tieferer Lage.

Anders ist es im Schwarzwalde. Die schlagendsten und genauesten Beobachtungen hat hier Fraas an den Eisenbahnlinien gemacht. Die Schwarzwaldbahn von Zuffenhausen, unweit von Stuttgart, nach Calw zeigt eine Niveaudifferenz der verschiedenen Abtheilungen der Triasformation von 350—450 M., welche nicht durch ursprüngliche Ablagerung herbeigeführt ist, sondern durch acht grössere und zahlreiche kleinere Verwerfungen, wobei immer der östliche Theil an dem westlichen, dem Schwarzwalde näher liegenden Theile, abgesunken ist, ohne dass jedoch nothwendiger

Weise die Neigung der Schichten gegen Ost gerichtet wäre. ,Die heutige Oberflächenbildung des Landes,' sagt Fraas, ,erscheint hienach als das Resultat treppenförmiger Einsenkungen der Schichten, welche zwischen dem Schwarzwalde und dem Neckar statthatten. In Folge der Einsenkungen brachen tausendfach die Schichtentafeln entzwei, einfach dahin sich neigend, wo ein Raum es gestattete.'[34]

Senkrecht auf die Längenbrüche sind auch hier Querbrüche vorhanden. Es wird gezeigt, dass die Richtung beider vom Schwarzwalde gegen Stuttgart hin sich verändert, und zwar so, dass im eigentlichen Schwarzwaldgebiete die beiden Richtungen hor. 1 und 7, bei Stuttgart aber durch allmälige Wendung bereits hor. 3 und 9 sind, das heisst, dass die Richtung der langen Hauptbrüche im Schwarzwalde Nord — Süd ist, diese Richtung gegen Stuttgart hin sich in Nordost — Südwest verändert und gleichzeitig die Richtung der Querbrüche aus Ost — West in Nordwest — Südost übergeht.

Ebenso zeigt die Bahnlinie Rottweil-Villingen das Abfallen der Schichten in mindestens sieben Treppen; das jüngere Gebirge ist an dem älteren abgesunken, und es kann, nach den Worten desselben Beobachters, ,von einer Anlagerung des schwäbischen Flötzgebirges an den Schwarzwald eigentlich keine Rede mehr sein.'[35]

Dasselbe System von Brüchen zieht sich aber auch südwärts um den Schwarzwald; die Bohrungen auf Steinkohle haben ihr Vorhandensein bewiesen, und noch bei Zeiningen unweit Rheinfelden trifft eine aus Ostsüdost streichende Verwerfung eine andere, welche nach Südwest verläuft.[36] So ist auch der Tafeljura zerstückt und abgesunken, als würde der gefaltete Jura von Süden her über eine einbrechende Platte getreten sein (S. 150, Fig. 10).

Ringsum, am Schwarzwalde wie am Odenwalde und jenseits am Thüringer und am bairischen Walde, vollzieht sich die Abtrennung der mesozoischen Tafeln vom alten Gebirge in mehr oder minder dem Gebirgsrande parallelen Brüchen, welche häufig von Querbrüchen rechtwinkelig gekreuzt werden. Wendet man sich der Mitte des Gebietes zu, so trifft man auch hier auf zahl-

reiche und unzweideutige Zeichen des Einbruches. Es enthalten einzelne Hefte der ,Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg' einen ganzen Schatz von ähnlichen Beobachtungen, als die erste Grundlage zur Entwerfung einer das ganze Senkungsfeld umfassenden Karte des Bruchnetzes, und Fraas hat erst kürzlich eine Uebersicht der wichtigsten Linien veröffentlicht.[37] Gerechtes Staunen und die vollste Anerkennung der Unbefangenheit des Urtheiles muss aber die Thatsache erwecken, dass schon vor mehr als zwanzig Jahren einer der Mitarbeiter an dieser Specialkarte, C. Deffner, im Gegensatze zu vielen hervorragenden Autoritäten nicht nur die Natur dieser Brüche und die Allgemeinheit der Einsenkung richtig erkannt, sondern auch für das zwischen solchen Brüchen eingesunkene Gebiet am mittleren Neckar südlich von Stuttgart eine Karte dieser Brüche angefertigt, peripherische und radiale Brüche mit diesen selben Ausdrücken unterschieden, die bogenförmige Krümmung der peripherischen Linien aus Nordsüd fast bis Westost nachgewiesen, ferner mit Bestimmtheit ausgesprochen hat, dass die jüngeren Eruptivgesteine, welche da und dort diese Brüche und Einsenkungen begleiten, nicht die Ursache, sondern die Folge der durch andere Ursachen hervorgerufenen Spaltungen der festen Erdrinde seien. Deffner hat sich in dieser bemerkenswerthen Schrift sogar schon die Frage gestellt, ob nicht ein Zusammenhang zwischen dieser ausgedehnten Einsenkung und der Entstehung der Alpen bestehe, ,etwa in der Weise, dass eine Bewegung des flüssigen Erdkernes gegen die Hebungslinie der alpinen Centralkette hin ein Nachsinken der peripherischen Umgebung bis in eine gewisse Entfernung zur Folge haben müsste'.[38]

Der Parallelismus des Donaubruches mit dem Alpenrande wird auch von Fraas betont. ,Zur selben Zeit,' sagt Fraas, ,als die Falte der Alpen sich erhob, barst das Tafelland des Jura im gleichen Sinne.'[39]

Der Umriss des Senkungsfeldes ist nordwärts deutlich keilförmig und die peripherischen Brüche sind lang und gerade und schneiden sich nach den vorliegenden Angaben nordwärts in spitzen Winkeln; es scheint, dass sie gegen die Mitte hin sich mehr im Bogen vereinigen; ob sie endlich der Linie des Donaubruches

sich nähern, vermag ich nicht zu entscheiden. Nördlich vom Donaubruche aber tritt nun eine andere Form der Einsenkung auf, nämlich kesselförmige Einstürze. Der kleinste dieser Einstürze, wenn er überhaupt in diese Gruppe zu stellen ist, befindet sich bei Steinheim unweit Heidenheim; sein Durchmesser beträgt kaum 1 Km. und er ist mit tertiären Süsswasserbildungen angefüllt. Als typisch haben zu gelten: der Rieskessel, in welchem Nördlingen liegt, und der Kessel des Höhgaues.

D. Ries und Höhgau.

Von den Schriften, welche sich auf den Bau des Rieskessels beziehen, reicht es hin, jene von Deffner und Fraas für den württembergischen, jene Gümbel's für den bairischen Antheil zu nennen.[40]

Es bietet das Ries mancherlei Belehrung zu dem Verständnisse der Einbruchsfelder in den Alpen, und ich will daher etwas ausführlicher von demselben sprechen. Dass ich dies zu unternehmen vermag, danke ich meinem nie ermüdeten Freunde und Meister Oscar Fraas, welcher die Güte gehabt hat, mich an die wichtigsten Stellen zu führen und mir dieselben zu erläutern.

Von einer Höhe, etwa vom Scheitel des Ipf bei Bopfingen aus betrachtet, gleicht das Ries einem weiten, flachen Teller. Es ist eine kreisförmige Ebene von 12—15 Km. Durchmesser, welche mit geringem Gefälle ihren Abfluss südwärts durch eine Enge findet. Zwei niedrige Höhenzüge strecken sich von Süden her in etwas divergirenden Richtungen durch die kreisförmige Ebene; die westliche zieht über Nördlingen gegen den Wallerstein, die östliche über den Spitzberg zum Wenneberge.

Jeder dieser Höhenzüge besteht aus zwei verschiedenen Theilen, nämlich aus einer alten Unterlage und einer jüngeren Krönung. Die alte Unterlage ist zum grössten Theile zersetztes archäisches Gebirge, Granit oder ein flasriges Hornblendegestein, das wohl auch als Diorit bezeichnet worden ist. Da und dort sieht man aber auch zwischen diesen archäischen Trümmern eingekeilte Stücke von rothem oder blauem Keuperletten, von Unterlias, von Amaltheenthon oder einzelne Stufen des braunen Jura. Am Wenneberge tritt auch ein kleiner Gang von jungem Eruptivgestein

auf. Dies sind die sichtbaren Gipfel der versunkenen Schollen, deren Rest die Ebene bedeckt.

Die Krönung der Höhenzüge ist aus tertiären Süsswasserbildungen gebildet, bald aus einer Schale von Littorinellenkalk, bald aus einer Breccie, welche durch Süsswasserkalk gebunden ist, in den bezeichnendsten Fällen aber aus grossschaligen Sinterbildungen, welche von gasreichen Quellen inmitten des tertiären Sees aufgebaut wurden. Aus solchen Quellenbildungen besteht insbesondere der steile und auffallende Wallerstein, welcher, einem breiten Granitrücken aufgesetzt, heute nur mehr ein Bruchstück eines einst viel grösseren, glockenförmigen Aufbaues zeigt, und welcher mit seinen Genossen am Spitzberge u. A. den glockenförmigen Gebilden nicht wenig gleichen mochte, welchen heute Pyramid-Lake im westlichen Nevada den Namen verdankt.[41]

In diesen Quellenbildungen nun hat Fraas einen unerwarteten Reichthum an organischen Resten, Knochen, Federn und Eier von Vögeln und Bruchstücke kleiner Säugthiere entdeckt und durch sie den Nachweis geboten, dass diese Quellgebilde die Nistplätze zahlreicher Pelikane und Enten mitten in dem tertiären See gewesen seien.

Die Schollen des gesunkenen Gebirges ausserhalb dieser Höhenzüge sind, wie wir eben sagten, von der Ebene bedeckt. Da und dort lagert noch etwas vulcanischer Tuff an; Braunkohleführendes Tertiärland und Lehm bilden den Boden der Ebene selbst; sie sind stellenweise mit 200 Fuss nicht durchsunken worden.

Nähern wir uns nun dem äusseren Rande der Ebene, so ergibt sich eine grosse Schwierigkeit in der tektonischen Umgrenzung des Einsturzes. Rings um den Rand des Kessels ist alles Gebirge bis auf eine nicht geringe Entfernung von demselben verstürzt und zerbrochen. Weithin ist ferner der Rand des Ries mit Travertinbildungen oder mit einer Breccie von tertiärem Alter überklebt. Bald kommt unter diesem Granit hervor, bald ragen längs dem Rande gereihte Riffe von weissem Jura auf, in steiler Schichtstellung, verstürzt und nicht selten durch den Druck so vollständig zertrümmert, dass ein leichter Schlag genügt, um den Kalkstein in zahlreiche eckige Stückchen auseinanderfallen zu lassen.

In vereinzelten Gräben zwischen diesem zerrütteten Randgebirge und ausserhalb der Ebene des Ries stehen die merkwürdigsten Eruptionsstellen dieser Gegend. Ich habe jene am Heerhofe südlich von Kirchheim und an der alten Bürg (Dombruch) westlich von Edernheim kennen gelernt.

Am Heerhofe sieht man zwischen jurassischen Bergen einen breiten und gerundeten Bühl, welcher aus grobgeschichteten Massen von Asche und Auswürflingen besteht. Die etwas abweichende Fallrichtung in zwei benachbarten Brüchen deutet wohl die Ausbruchstelle an. Man sieht weder Gänge noch Ergüsse, aber in der Asche liegen zahlreiche Schlackenfetzen von ohrförmiger oder spiral eingerollter Gestalt, zuweilen kometenartig nach rückwärts zu einem langen Schwanze ausgezogen, einstens rotirende Tropfen, im Niederfallen flachgedrückt und so erstarrt. Sie lassen über die unmittelbare Nähe des Schlotes keinen Zweifel.

An der alten Bürg gibt es ähnliche Boliden; viele Stücke von archäischem Gebirge liegen in der Asche, und ein grosser Block von jurassischer Breccie ist in dieselbe eingesunken.

Schon vor Jahren folgerte Gümbel aus dem Vorkommen einzelner Bomben im Ries, dass wahre Eruptionsstellen innerhalb dieses Gebietes vorhanden seien. Gerade der Mangel an Gängen und Ergüssen an diesen Stellen erinnert an die wechselnden Ausbruchstellen der phlegräischen Felder, an M. Nuovo und ähnliche Berge, welche, durch einen einzigen Ausbruch gebildet, nicht bleibend zu Ausbruchsstellen geworden sind. —

Die Frage, ob der Rieskessel als ein selbständiger kesselförmiger Einbruch der Erdrinde anzusehen sei, wofür der kreisförmige Umriss der Ebene spricht, oder ob das Absinken zwischen langen geradlinigen Brüchen stattgefunden habe, welche über die Gegend des Ries hinausreichen, ist nur schwer zu entscheiden. Durch Deffner und Fraas wurde in dem zertrümmerten Randgebirge des Ries eine Anzahl geradliniger Brüche erkannt und mit Namen wie die Sigart-Hürnheimer Axe, die Zipplinger Axe u. A. belegt, und wurde ferner in diesem Gebiete eine Anzahl kleiner, abgetrennter ‚Umwälzungssporaden‘ ausgeschieden, unter welchen das kleine Einbruchsfeld von Herdtfeldhausen das merkwürdigste ist.

Die bedeutendste selbständige Bruchlinie ist jedenfalls die Linie Sigart-Hürnheim, auch die Utzmemminger Linie genannt, welche von Nordwest gegen Südost streicht, als Tangente dem südwestlichen Theile des Riesgebietes sich nähert und von kleinen Parallelbrüchen begleitet ist. An dem südwestlichen Rande des Ries kann man sogar einen vom unteren braunen Jura bis in den weissen Jura reichenden Schichtencomplex sehen, welcher, viermal durch Verwerfungen gekreuzt und eben so oft sich wiederholend, mit seiner ganzen Mächtigkeit vom Rieskessel ab- und südsüdwestlich gegen die Utzmemminger Bruchlinie geneigt ist.

Diese und ähnliche Umstände, insbesondere die geringen Dimensionen, bis zu welchen die Einbruchsstellen, z. B. bei Herdtfeldhausen, herabsinken können, der kreisförmige Umriss des kleinen Einbruches von Steinheim, die weitgehende Zerbröckelung des Jurakalkes am Rande des Ries, dann die Angaben von dem Vorkommen anderer ausgedehnter, doch in verticalem Sinne minder ausgeprägter Senkungsfelder in der Nähe des Ries, wie bei Neresheim, dann zwischen Ellenberg und Bopfingen, endlich in Begleitung vulcanischer Vorkommnisse bei Urach, haben in mir den Eindruck zurückgelassen, dass dreieckige oder trapezoidale Schollen durch die Verschneidung mehrerer Brüche umgrenzt werden, und dass bei dem Vorschreiten des Einsinkens durch das Abdrücken der Ecken das Dreieck zum Sechseck, das Viereck zum Achtecke wird, bis durch die mehr oder minder regelmässige Vermehrung der Seiten des Polygons in staffelförmigen Brüchen der kreisförmige Umriss des inneren Senkungsfeldes erreicht wird, welcher nun von einem Saume zertrümmerten Gebirges umgeben ist.

Auf diesem Wege mögen hier, getrennt von einander, grosse und kleine, tiefe oder minder tiefe, von vulcanischen Ausbrüchen begleitete oder nicht begleitete Einbrüche entstanden sein. Den Einbrüchen ist aber, wie in so vielen Senkungsgebieten, ein anderer Vorgang, und zwar, wie es scheint, hier erst viel später, nachgefolgt, nämlich die Ueberschiebung einzelner Gebirgsstücke über andere. Fraas hat eine solche Ueberschiebung auf einer geschliffenen und gestriemten Oberfläche von weissem Jura γ bei dem Tunnel von Lauchheim westlich vom Ries nachgewiesen, und

später hat Deffner die Ueberschiebung einer grossen Masse von braunem und etwas weissem Jura noch näher am Ries, nämlich am Buchberge bei Bopfingen, auf das Genaueste festgestellt. Die geschliffene Ueberschiebungsfläche gehört auch hier dem weissen Jura γ an; die Richtung der Bewegung war Ostnordost—Westsüdwest, und es wurde ermittelt, dass die scheuernden Quarzkörner auf dieser Fläche nicht aus dem überschobenen braunen Jura stammen, sondern aus einer Sandablagerung, welche wahrscheinlich jünger ist als die Tertiärformation. —

Entfernt vom Ries, nahe dem südwestlichen Ende der schwäbischen Alb, schon im Angesichte der Hochgebirge der Schweiz, befindet sich das Einbruchsfeld des Höhgaues. Grosse vulcanische Massen erheben sich in seinem Innern, und die Aschenkegel dieser Vulcane haben vielleicht einmal die ganze Fläche des Einbruchsfeldes eingenommen. Der Umriss nähert sich mehr einem Vierecke als einem Kreise, und die grösste Dimension beträgt etwa 18 Km. Das Einbruchsfeld ist nicht geschlossen, sondern südwärts gegen den Bodensee offen. Flaches Torfland begrenzt scharf gegen innen auf längere Strecken den Bruchrand. In der Mitte der Senkung ragt zunächst eine breite Gruppe vielfach miteinander verbundener Hügel von Süsswassermolasse, vulcanischem Tuff und erratischem Haufwerke empor, und aus diesem erheben sich die vulcanischen Zacken.[42]

Die westlichen Ausbrüche, zu welchen der Hohenstoffel gehört, sind basaltisch, die östlichen Berge, der Hohentwiel, Hohenkrähen und Mägdeberg, bestehen aus Phonolith. Fraas hat die Meinung ausgesprochen, dass so steile Massen wie der Twiel in der Asche selbst erstarrt seien; in der That sieht man an demselben, und insbesondere an seiner Westseite, beträchtliche Theile der alten Aschenhülle, und die scharfe Erhaltung des Umrisses der zartesten sechseckigen Glimmerplättchen zeigt, dass diese Asche seit ihrer Aufschüttung nicht umgewaschen worden ist.

Die Rundsicht vom Hohentwiel erachte ich für eines der lehrreichsten Bilder, welche mir jemals in Bezug auf das Verhalten verschiedener Gebirgssysteme zu einander vor das Auge getreten sind. Nach drei Seiten umgibt den Berg der Einbruch des Juragebirges, und nur seine dazwischentretenden vulcanischen Be-

gleiter hindern den Ueberblick des Bruchrandes. Südwärts zieht sich flaches Land weit hinaus, und am Ufer des Untersees erkennt man die Hügel der Süsswassermolasse von Oeningen, in welche die Einstreuungen der Höhgau-Asche erfolgt sind während des Daseins jener reichen Flora, die uns durch Heer's Bemühungen so deutlich bekannt geworden ist. Und jenseits vom Untersee, hinter dem dunklen Umrisse der Stadt Constanz und der spiegelnden Fläche des Bodensees thürmen sich die gewaltigen Luftsättel des Säntis, wie eine überwältigend vortretende Brandung der Erdmasse selbst.

E. Die Horste.

Wir steigen über den Schwarzwald ins Rheinthal. Dort hat schon vor vielen Jahren Élie de Beaumont das Vorhandensein zahlreicher Verwerfungen nachgewiesen, welche ziemlich parallel gegen Nordnordost streichen und die beiden dem Rhein zugekehrten Abhänge des Schwarzwaldes und der Vogesen in Streifen zerlegen. Nach Beaumont's Ansicht erfolgte zuerst eine Aufwölbung des ganzen Landes, welche beide Gebirge, Vogesen und Schwarzwald, umfasste, und hierauf ein beiderseits treppenförmiger Absturz ins heutige Rheinthal. Der Umstand, dass auf den höheren Theilen der Vogesen nur Vogesensandstein zu finden ist, der bunte Sandstein dagegen erst in den tieferen Treppen sichtbar wird, und die durch geneigte Lage der abgesunkenen Streifen herbeigeführte scheinbare Discordanz des bunten Sandsteins gegen den höher liegenden Vogesensandstein veranlassten ihn zu der Meinung, dass der Vogesensandstein trocken gelegt worden sei, und dass der bunte Sandstein sich an dem Fusse des Gebirges abgelagert habe.[43]

Diesen Irrthum hat zuerst Bleicher im Jahre 1870 berichtigt. Dass der Vogesensandstein nur selten vom bunten Sandstein bedeckt werde, schreibt Bleicher lediglich der weitgehenden Abschwemmung der jüngeren Schichten zu und spricht mit Bestimmtheit aus, dass der Vogesensandstein einstens nicht nur vom bunten Sandstein, sondern von der ganzen Trias- und Juraformation bedeckt gewesen sei, welche von Lothringen her über dieses ganze Gebiet sich bis nach Württemberg erstreckte.[44]

Eine lebhafte Discussion hat sich noch in den letzten Jahren über Beaumont's Ansichten erhoben; die Discordanz zwischen Vogesensandstein und buntem Sandstein hat noch bis in die neueste Zeit, namentlich in Baden Vertheidiger gefunden, aber ich meine, dass nach Benecke's Darstellung der Sachlage diese Frage als gegen Beaumont entschieden anzusehen ist.[45] Dabei bleibt dem grossen französischen Forscher ungeschmälert das Verdienst, die Lage der wichtigsten Bruchlinien und die Hauptzüge des eigenthümlichen Baues des Rheinthales zuerst richtig erkannt zu haben.

Kreuzen wir nun die Vogesen, so finden wir nicht nur an ihrem Westabhange, sondern weithin um viele Theile des französischen Centralplateaus, sowie insbesondere um sein nordöstliches Vorgebirge, den Morvan, in grosser Anzahl ähnliche Verwerfungen, wie sie soeben aus Baiern und Württemberg beschrieben worden sind. Die neuere französische Literatur enthält viele Beweise hiefür. Es kann demnach kein Zweifel darüber herrschen, dass ringsum die genannten Gebirge, an den Rändern des bairischen und Thüringerwaldes, um den Schwarzwald und die Vogesen, um den Odenwald und weithin gegen West um einen grossen Theil des französischen Centralplateaus, die Tafeln mesozoischer Schichten eingesunken sind, und dass aus dieser allgemeinen Einsenkung die genannten Gebirge als Horste hervorragen, selbst nur Stücke alter, gefalteter Gebirge, deren Streichen gar häufig mit ihrem Umrisse nicht übereinstimmt, und deren archäisches Gestein nur durch Abwaschung sichtbar geworden ist. Man wird sich vorstellen dürfen, dass vom Centralplateau bis an den Böhmerwald eine gemeinschaftliche und zusammenhängende Unterlage von paläozoischen und archäischen Bildungen bestand, auf welche die Schichten der Trias- und Jurameere abgelagert wurden, deren Ufer uns heute nirgends in diesem weiten Gebiete erhalten sind. Wir wissen nicht, ob dieselben einen grösseren oder nur einen geringeren Theil der beiden grösseren Plateaux, nämlich des böhmischen und des französischen, bedeckt haben, doch kann zwischen diesen beiden grossen Massen eine sehr beträchtliche Unterbrechung des Meeres nicht als erwiesen angesehen werden. Diese gemeinschaftliche Unterlage nun mit allen meso-

zoischen Schichten ist zur Tiefe gegangen, und die Horste, welche zwischen den einzelnen Senkungsfeldern stehen blieben, verdanken ihre heutige Höhe nicht eigener Erhebung, sondern diesem allgemeinen Absinken der Umgebung. Man müsste auf Vogesen, Schwarzwald und ihre nördlichen Fortsetzungen die ganze Mächtigkeit der Trias und des Jura aufthürmen, um das wahre Maass der Bewegungen der Erdrinde nach abwärts und der seither eingetretenen Abwaschung zu versinnlichen.

Es kann auch keinem Zweifel unterliegen, dass die ganze böhmische Masse einer weitgehenden Denudation unterworfen war vor Ablagerung der carbonischen Flötze; es ist eine zweite Denudation eingetreten vor der Ablagerung des Rothliegenden; es ist der Cenomanstufe wieder eine sehr ausgedehnte Entblössung und Abrasion vorangegangen. Aehnlich verhält es sich auf dem französischen Centralplateau und auch auf jener ausgebreiteten Scholle, welche einen grossen Theil der iberischen Halbinsel einnimmt, und welcher bald unter dem Namen der iberischen Meseta zu besprechen sein wird. Es fehlt noch jeder Ueberblick über den zeitlichen Zusammenhang dieser Vorgänge. Dagegen treten die ersten Linien des räumlichen Zusammenhanges hervor. Schon sucht man in den Kohlenflötzen von Rochebrune, am Südrande der Vogesen, die Fortsetzung der Flötze des Morvan. Indem die mesozoischen Tafeln zur Tiefe gehen, enthüllt sich auf den Horsten ein älteres Europa.

Die Vorstellung, dass die Ränder dieser Horste als Uferränder der mesozoischen Zeit anzusehen seien, ist ganz unhaltbar; schon die Verbreitung einzelner hervorragender Glieder, wie des Muschelkalkes, welcher die Rheingebirge rings umgibt, um innerhalb der Niederung von Paris zu enden, zeigt dies recht deutlich. Aber ebenso irrig wäre die Meinung, dass allenthalben einheitlich fortlaufende peripherische Randklüfte diese Massen abgrenzen. Sprünge verschiedener Art, in vielen Fällen wahre Radialsprünge, setzen aus den gesunkenen mesozoischen Schollen in die alten Gneiss- oder Granitmassen fort und sind dort in der Regel durch Quarz- oder Schwerspathgänge bezeichnet.

Die Umrisse der Horste selbst werden durch solche Sprünge beeinflusst. Die Art und Weise, in welcher nach Grebe's Auf-

nahmen die mesozoischen Tafeln an einem Netze theils nordöstlich und theils nordnordöstlich streichender Brüche zu beiden Seiten vom Hochwalde bei Trier absinken und hiedurch den Hochwald wie einen Sporn in das Senkungsfeld von Paris ragen lassen, ist ein treffliches Beispiel um zu zeigen, wie schwer es ist, eine bestimmte Regel für die Art der Umgrenzung der Senkungsfelder aufzustellen.[46]

Die Brüche, welche den nördlichen und westlichen Morvan nach M. Lévy und Vélain ‚in Tangenten' umgeben und das geschichtete Gebirge treppenförmig abfallen lassen, sind zuweilen von Quarzgängen begleitet, wohl auch von Gängen von rothem Hornstein, Flussspath und Baryt. Auf der Höhe des Morvan liegen in den Verwerfungen Bruchstücke des Lias.[47]

Ueberhaupt zeigen sich in dem Randgebiete des französischen Centralplateaus die Merkmale der Senkung und Denudation noch viel deutlicher als in Süddeutschland.[48]

In den Vogesen hat schon Beaumont den Zusammenhang der Verwerfungen, der Erzgänge und der mächtigen, zuweilen mehrere hundert Fuss über die Umgegend aufragenden Quarzmauern anerkannt und ausführlich besprochen.[49] Neben den in der Richtung der Rheinspalten streichenden Gängen im Granit mag hier nur im Südosten des grossen O. 35° N. laufenden Quarzganges von Val d'Ajol gedacht sein, in dessen Nähe die Thermen von Plombières liegen.

Der Quellstollen selbst durchschneidet Gänge, welche Quarz, Flussspath, Schwerspath und Kiese führen, und die Quellen haben bekanntlich nach Daubrée's meisterhaften Untersuchungen in dem römischen Mauerwerke Flussspath gebildet.[50]

An dem Westrande des grossen fränkisch-schwäbischen Senkungsfeldes fehlt es nicht an ähnlichen Gängen; sie haben hier vorherrschend die Richtung von Radialsprüngen.

Es mag zuerst der von Benecke und Cohen beschriebene Schriesheimer Schwerspathgang genannt sein, welcher ostsüdöstlich streicht.[51]

Auf den breiten Streifen von Buntsandstein, welcher südlich von Pforzheim ins Rheinthal hinübersetzt, befinden sich zahlreiche südöstlich streichende Gänge, und weiter gegen Süd folgen mit

gleichem Streichen die Gänge von Neu-Bulach; ihre Ausfüllung ist vorherrschend barytisch, und sie finden ihre weitere Fortsetzung in Brüchen der Triasformation, namentlich in der von Bach beschriebenen Hochstrāss-Verwerfung,[52] welche gleichfalls südöstlich streicht und sie mit dem Bruchnetze der schwäbischen Trias verbindet.

Noch auffallender ist diese Verbindung etwas weiter im Süden.

Bei Freudenstadt, auf württembergischem Gebiete, sinkt nämlich, wie Paulus gezeigt hat, zwischen zwei parallelen und etwa 8 Km. von einander entfernten Verwerfungen, welche gegen Südost verlaufen, eine beträchtliche Scholle von Muschelkalk in den bunten Sandstein ein. Hier befinden wir uns bereits ganz in dem Gebiete von Deffner's Radialspalten. Beide Verwerfungen sind durch Spalten bezeichnet, welche auf grosse Strecken hin von Schwerspathgängen ausgefüllt sind, welche in der Tiefe in Quarzgänge übergehen und Kupfer und etwas Bleiglanz führen. Zwischen beiden Hauptgängen erscheint noch eine Gruppe kleinerer, ebenfalls paralleler Schwerspathgänge.[53]

Diese Gänge, welche, wie gesagt, in Einbruchslinien der schwäbischen Trias liegen, sind aber nur ein Theil einer ausgedehnten Gruppe von Gängen, welche über Rippoldsau und Wittichen im Kinzigthale ihre grösste Entwicklung finden, und sie zeigen, dass die Klüfte, an welchen die Trias verworfen wurde, weit in den archäischen Kern des Schwarzwaldes hineinreichen. Diesen Zusammenhang haben alle Beobachter anerkannt, insbesondere auch F. Sandberger, welcher die Gänge des Kinzigthales auf das Genaueste untersucht hat.[54] —

An den Gehängen des bairischen Waldes sind die Verhältnisse viel grössere und es treten bemerkenswerthe Abänderungen ein. Um aber die Structur dieses Gebirgsrandes deutlicher darstellen zu können, will ich einige Worte über ein ähnliches Gebiet, das nördliche Schottland, vorausschicken.

Archäische und silurische Gesteine und alter rother Sandstein setzen, vielfach in parallele Falten gelegt, dieses rauhe Gebirgsland zusammen. Wohl kannte man seit langer Zeit kleine vereinzelte Schollen von jurassischen Ablagerungen, wie das kohlen-

führende Fragment von Brora, aber erst in neuerer Zeit wurde durch Judd gezeigt, dass dieses ganze Land mit der heute so vielgestaltigen Oberfläche vor Zeiten mit einer Decke von Trias- und Juraschichten und von Ablagerungen der mittleren und oberen Kreide bedeckt war. Die geringen Reste dieser Decken sind theils, und zwar namentlich im Westen, unter Bruchstücken tertiärer Lavaergüsse und theils durch gewaltige Verwerfungen bis auf den heutigen Tag erhalten geblieben. Solche Verwerfungen nehmen einen bestimmenden Einfluss auf den Verlauf der Küsten von Sutherland und Ross. An diesen Bruchlinien ist das Land herabgesunken unter den Dornoch Firth und Moray Firth. Ein schmaler und sehr unterbrochener Saum von Trias- und Jurabildungen ist unter den Verwerfungen knapp am Rande des Meeres sichtbar. In Sutherland wird auf eine Strecke hin die Verwerfung staffelförmig, und ein Saum von Mitteldevon erscheint auf der höheren Stufe, oberer Oolith auf der tieferen. Ueber diesen Stufen steht Granit zu Tage. Alles höhere Land bildet Untersilur und alter rother Sandstein, während unter dem wenig tiefen Meere vielleicht auf weite Strecken hin die mesozoischen Ablagerungen noch erhalten sind. Der Bruch, welcher Moray Firth gegen West begrenzt, ist aber wahrscheinlich die Fortsetzung jener grossen Störung, welche am caledonischen Kanale das ganze Land von Meer zu Meer durchquert.[55]

Auch hier erscheint die Masse des alten Gebirges als ein Horst; an seinen zackigen Rändern, in tieferem Niveau liegen die mesozoischen Ablagerungen.

Auch am Fusse der Vogesen kann man in kleinerem Massstabe einen zackenförmigen Umriss wahrnehmen, erzeugt durch das Herantreten der langen einzelnen Rheinbrüche an die Sohle des Flussthales. Würde aber heute das östliche Baiern und namentlich das Flussgebiet der Naab vom Meere bedeckt, so würde das böhmische Festland gegen West einen Umriss zeigen, welcher in den Hauptzügen jenem des nordöstlichen Schottland gleichen würde. Die Buchten von Weiden und Schwandorf würden dem Dornoch und Moray Firth entsprechen, und sowie der grosse Bruch des caledonischen Kanals an der Westseite des Moray Firth sich kennbar macht bis in die Nähe von Tarbet Ness, würde

man die Fortsetzung eines viele Meilen langen Bruches, der Linie des Pfahls, aus dem archäischen Gebirge hervortreten und die Nordgrenze des Busens von Schwandorf bilden sehen bis in die Nähe von Amberg.

Dieses archäische Gebirge ist, wie wir aus den umfangreichen und mühsamen Untersuchungen Gümbel's wissen, im Norden, namentlich im Fichtelgebirge, gefaltet, und die Falten streichen gegen Nordost, so dass dieser Theil eine Fortsetzung des Erzgebirges bildet. Im Süden dagegen herrscht ein gleichförmiges Fallen der Schichten gegen Nordost, so dass die ältesten Gebirgsglieder an der Donau und an dem Bruche östlich von Amberg sichtbar werden. In diesem Gebirgslande nun erscheinen mehrere riesige Quarzzüge, welche ich als die grössten Denkmale linearer Dislocation ansehe, die überhaupt in unserem Welttheile bekannt sind.

Drei dieser Züge sind von besonderer Bedeutung:

Den ersten haben Reuss und Jokely beschrieben. Er beginnt in dem nordwestlichsten Theile von Böhmen, nordwestlich von Asch, zieht sich gegen Südost quer durch den Glimmerschiefer, den Gneiss und den Granit des Erzgebirges, also quer durch die wichtigsten Gesteinszonen der Kette, dann quer durch den schmalen Gneisszug, welcher bei Seeberg den Südfuss des Erzgebirges begleitet, verschwindet unter der tertiären Decke der kleinen Niederung von Franzensbad und Eger, taucht jenseits derselben im Granitgebirge von Sandau sofort wieder hervor und erstreckt sich in demselben bis südlich von Königswart. Die Entfernung der Endpunkte beträgt beiläufig 40 Km.[56]

Dieser Quarzzug, welcher durch die Art, in welcher er das Erzgebirge kreuzt, sich auf eine ganz unzweifelhafte Weise als ein Gang zu erkennen gibt, hat zwar nicht einen streng linearen Verlauf, entfernt sich jedoch so wenig von der geraden Richtung, dass die Zusammengehörigkeit der beiden durch das Tertiärland getrennten Theile leicht erkennbar ist. An seinem südlichen Ende ist, wie Hochstetter in seinen Studien aus dem Böhmerwalde gezeigt hat, eine nachträgliche Störung in dem Baue des Gebirges erkennbar. An dieses Ende des ersten Quarzzuges schliessen sich gegen Südwest kleinere Gänge oder Trümmer, und noch etwas

weiter gegen Südwest, als wäre eine Verschiebung eingetreten, tritt bei Hals nordwestlich von Tachau der Anfang des zweiten grossen Quarzzuges hervor, welchen Hochstetter zuerst verfolgt und den böhmischen Pfahl genannt hat.[57]

Dieser Zug, dessen ursprünglicher Zusammenhang mit dem Zuge von Asch höchst wahrscheinlich ist, verläuft im Allgemeinen gegen Südsüdost. Anfangs beschreibt derselbe eine merkliche Krümmung gegen Ost, dann kehrt er in die gerade Richtung zurück und tritt in der Nähe von Fürth über die bairische Grenze; noch am westlichen Abhange des Hohen Bogen sieht man einige abgetrennte kleinere Gänge, die das südliche Ende bezeichnen.[58]

Die Entfernung der Endpunkte dieses Zuges beträgt beiläufig 55 Km. Die Mächtigkeit ist an einzelnen Stellen 30 M., an anderen scheint sie auf 70—100 M. zu steigen. Der Quarz bezeichnet auf eine sehr lange Strecke scharf die Grenze zwischen Gneiss und Hornblendegestein; dieser Umstand und seine sehr beträchtliche Mächtigkeit mögen die Veranlassung sein, dass er zuerst als ein Lager aufgefasst wurde; aber abgesehen davon, dass an einzelnen Punkten, wo das Hornblendegestein eine Ausbuchtung bildet, der Quarz dieser Ausbuchtung nicht folgt, sondern dieselbe in gerader Linie durchschneidet, weicht er gegen Süd von dieser Grenze ab und tritt ganz in die Hornblendegesteine über. Es ist derselbe also wirklich ein Gang, gerade so wie der nördliche Zug, welcher das Erzgebirge durchschneidet, und der Umstand, dass er weithin die Grenze zweier Felsarten bezeichnet, verräth nur das ausserordentliche Ausmass der eingetretenen Dislocation und der Abwaschung.

Der dritte Quarzzug, der Pfahl, Vallum, ist von allen der beträchtlichste. Einen Theil desselben hat Wineberger verzeichnet; eine eingehende Darstellung verdanken wir den Arbeiten Gümbel's.[59]

Der Pfahl, oder wie wir ihn zur Unterscheidung vom böhmischen Pfahl nennen wollen, der grosse Pfahl, weicht weniger von der geraden Linie ab als die anderen Züge. Seine Richtung ist N. 58° W., seine Mächtigkeit eine wechselnde; in dem grössten Theile wenigstens seiner nördlichen Hälfte dürfte sie 70 bis 115 M. im Durchschnitte betragen. Der Pfahl beginnt am Kolm-

berge südöstlich von Amberg, bezeichnet von hier an gegen Südost auf eine Strecke von etwa 44 Km. die Grenze des Granits gegen Trias und braunen Jura, tritt dann westlich von Cham ganz in das archäische Gebiet ein und verfolgt unbeirrt seine gerade südöstliche Richtung über Viechtach, Grafenau und Freyung bis an die österreichische Grenze. Die gesammte Länge vom Kolmberge bis dahin beläuft sich auf etwas mehr als 150 Km. Die Vertheilung der Gesteine auf oberösterreichischem Gebiete und der vollkommen übereinstimmende Lauf des oberen Mühlthales machen es aber wahrscheinlich, dass die Dislocation noch weiter gegen Südost reiche. Gegen Nordwest erstreckt sich weit über Amberg hinaus in der fortgesetzten Richtung des grossen Pfahls eine Störung der mesozoischen Schichten, begleitet von einem Gange von Eisenerz, den Gümbel dem tiefsten Horizonte der Kreideablagerungen dieser Gegend zuzählt.

Auch der Pfahl wurde als ein Lager aufgefasst. Es hat jedoch Gümbel selbst die gewichtigen Bedenken aufgezählt, welche dieser Auffassung entgegenstehen, vor Allem seine ausserordentlich lange, gerade Erstreckung, welche, es darf wohl gesagt werden, gar kein normales Schichtgebilde, am wenigsten in archäischen Gebirgen, an irgend einer Stelle Europa's zeigt, und die Wiederholung gewisser vorherrschender Streichungsrichtungen nördlich und südlich vom Pfahl, welche denselben nicht ablenken.[60] Bedenkt man ausserdem, dass gegen Nordwest eine Dislocation sichtlich die Richtung des Pfahl's fortsetzt, dass ihm zwischen Kötzing und Bodenmais in 8—8½ Km. Entfernung ein Parallelzug folgt, dass der südliche Bruchrand des Gebirges an der Donau ihm ebenfalls nahezu parallel ist, und dass heute wohl Niemand daran zweifelt, dass die grossen böhmischen Quarzzüge Gänge seien, so muss man auch den grossen Pfahl als die Ausfüllung einer grossen Dislocationskluft anerkennen.

Es sind viele untergeordnete Quarzzüge neben den grossen Linien vorhanden, so im Granit von Tirschenreuth. Es treten auch hier barytische Bleigänge innerhalb des Gebietes der mesozoischen Brüche auf.

Das schräge Hervortreten grosser Brüche aus der archäischen Masse bleibt bezeichnend für den bairischen Bruchrand und

veranlasst die grossen Zacken des Umrisses, welche an die schottische Ostküste erinnern. Hierin besteht völlige Verschiedenheit von dem einheitlichen östlichen Rande der böhmischen Masse, welcher, wie wir bereits sahen, als die Fortsetzung des Bruches, welcher die Sudeten abtrennt, einen geschlossenen Abhang von Brünn bis an die Donau bildet.

F. Sudetische Spuren.

An dem Gebirgsrande längs der Donau, unterhalb von Regensburg, treten nun sehr bemerkenswerthe Erscheinungen auf. Das Rothliegende, welches wir als den Begleiter des Gebirgsrandes kennen gelernt haben, erscheint zum letzten Male bei Donaustauf. Dann kennt man es nicht mehr um den ganzen Südrand der böhmischen Masse herum, bis es wieder an dem östlichen Bruchrande bei Zöbing nördlich von Krems sichtbar wird. Der Gneiss beginnt die Donau zu überschreiten und versinkt in der Gegend südlich von Engelhardtszell in Oberösterreich sehr allmälig unter der tertiären Bedeckung.

Schon weit von Nordwest her erkennt man in Franken, wie einzelne Glieder der Trias und des Lias an Mächtigkeit abnehmen und verschwinden. Jenseits von Regensburg aber, der Donau entlang gegen Passau, sieht man, was sonst in dem ganzen Gebiete nicht gesehen wird, einzelne Schollen des oberen Jura sich unmittelbar an die äusseren, der grossen Ebene zugekehrten Gehänge des archäischen Gebirges legen, so namentlich in der Nähe von Straubing, von Hofkirchen und in grösserer Ausdehnung, allerdings nur durch unterbrochene Entblössungen unter dem Tertiärlande bekannt, südlich von der Donau bei Ortenburg und noch näher an Passau. Mittlere und obere Kreide begleiten den Jura auf dieser Strecke.

Betrachten wir zuerst die Lagerung. Am unteren Laufe des Regen schliesst sich Jura, etwas Lias und Keuper in steiler Stellung an den Granit, südlich von Regenstauf sind die Schichten überworfen und fallen unter den Granit. Die letzte mit der Hauptmasse des fränkischen Jura noch in unmittelbarer Verbindung stehende Scholle erreicht, steil an Granit gelehnt, zwischen Regens-

burg und der Walhalla die Donau. Der Umriss des Granitgebirges bildet fast einen rechten Winkel. Bei Donaustauf erscheint zum letzten Male das Rothliegende.

Die vereinzelten Stücke der Juraformation, welche bei Straubing noch von Keuper begleitet sind, haben grosse Störungen erfahren; bei Voglarn unweit von Ortenburg ist sogar, wie bereits gesagt worden ist, eine synklinale, nach abwärts gerichtete Falte vorhanden, deren Mitte aus Gneiss besteht, während die beiden Flügel aus überworfenen Juraschichten gebildet sind, und unter diese Juraschichten taucht noch die Kreide hinab, welche auch an dieser ausserordentlichen Bewegung theilgenommen hat. (S. 182)[61]

Zugleich tritt, je mehr man sich von Regensburg entfernt, eine um so grössere Veränderung in der Zusammensetzung der jurassischen Ablagerungen ein; der Lias verschwindet; mittlerer und oberer brauner Jura vereinigen in einer Bank sonst getrennte Formen, wie bei Krakau, und eine Anzahl von Arten, welche mit dem braunen Jura Krakaus gemein sind, zeigt sich. Ebenso auffallend ist die Veränderung des weissen Jura; was F. Roemer und Neumayr vor längerer Zeit vermutheten, kann nach den letzten Arbeiten von Ammon und Uhlig als erwiesen gelten, nämlich die Uebereinstimmung der Jurabildungen von Passau mit den vereinzelten Vorkommnissen von Brünn und mit den Jurabildungen des Gebietes von Krakau und der einstige Zusammenhang dieser Ablagerungen.[62]

Bei Passau endet diese an das alte Gebirge gelehnte Zone von Jura und Kreide, aber weit gegen Südsüdwest, gerade dort, wo eine von Passau gegen Salzburg gezogene Linie den äussersten Saum der Alpen durchschneiden würde, zeigen sich an dem Trumsee bei Mattsee fremdartige Vorkommnisse. Nummulitenreicher Grünsandstein, die Fortsetzung der Ablagerungen des Kressenberges, bildet hier den vordersten Saum, und aus ihm besteht der kleine, schroff in den See vortretende Wartberg. Hart an dem Rande des Sees sind aber an ein oder zwei ganz beschränkten Punkten Kreideablagerungen mit Belemnitella bekannt, und am jenseitigen Ufer erhebt sich aus dem Flachlande, südlich von dem Dorfe Fruham, eine kleine Kuppe von weissem, vielleicht jurassischem Kalkstein.[63]

Durch eine sehr lange Strecke fehlt nun jede ähnliche Spur. Erst jenseits der Donau wiederholt sich Aehnliches knapp vor dem äussersten Saume der Alpen. Bei Leitzersdorf, nördlich von Stockerau, knapp vor den aufgerichteten Schichten des alpinen Orbitoidenkalksteins, wurde blauer Thon angetroffen, dessen reiche Foraminiferen-Fauna nach F. Karrer mit dem westphälischen Senon, der Mucronatenkreide von Lemberg und mit dem böhmischen Baculitenthone übereinstimmt.[64] Unweit davon ragt aus dem mit fremden Blöcken beladenen Mergel und Schiefer der Flyschzone ein Stock von lichtem Kalkstein hervor, welcher vielleicht von jurassischem Alter ist. Eine steile, glattgeschliffene Blattfläche, welche nordwestlich streicht, schneidet denselben gegen Süden ab.

Nun beginnt in der Richtung gegen Nordnordost knapp vor dem äusseren Rande der weithin versunkenen Flyschzone eine lange Reihe jurassischer Berge, welche steil aus der Ebene heraufragen und über Ernstbrunn, Staats, Falkenstein zu den ebenfalls jurassischen Polauer Bergen bei Nikolsburg ziehen. Man trifft hier die Schichten von Nattheim in Württemberg mit den bezeichnendsten Merkmalen wieder, dann lichte, tithonische Kalksteine. Die Erforschung dieses Zuges ist nicht vollendet.

Endlich erreichen wir die jurassischen Schollen, welche bei Olomutschan in der Nähe von Brünn theils auf Syenit, theils auf mitteldevonischem Kalkstein lagern. Die Art ihrer Lagerung lehrt, dass der grosse Bruch von Brünn und der Syenitstreifen schon um die Mitte der Juraformation beiläufig in derselben Weise bestanden wie heute. ‚In ihrer Zusammensetzung', sagt Uhlig am Schlusse seiner Untersuchungen über diese Juraschichten, ‚haben sie die meiste Aehnlichkeit mit den niederbairischen und schlesisch-polnischen Jura-Ablagerungen und sind als der letzte Denudationsrest ehemals ausgedehnter Küstengebilde zu betrachten, welche die frühere Verbindung der beiden genannten Gebiete durch einen den Südrand des böhmischen Massivs umgebenden Meeresarm beweisen.'[65]

Weit von dieser merkwürdigen Stelle, an der grossen Bruchlinie des Riesen- und Isergebirges, liegt bis nach Sachsen hin, wie bereits erwähnt worden ist, ein Saum von Jurakalk, welcher, begleitet von mittlerer und oberer Kreide, ganz wie zwischen Regens-

burg und Passau streckenweise unter den Granit geneigt ist. Nun hat G. Bruder gezeigt, dass der Jurakalk von Sternberg bei Zeidler, welcher diesem Saume angehört, die Zonen des Peltoc. bimammatum und der Oppelia tenuilobata mit Merkmalen umfasst, welche dieses Gebiet ebenfalls der polnisch-mährisch-niederbairischen Region zuweisen.[66]

Dies beweist zunächst, da ältere Theile der Juraformation bei Brünn horizontal auf Devon und Syenit liegen, dass im nördlichen Böhmen auf dem Bruche am Fusse des Isergebirges noch spätere Bewegungen eingetreten sind als an dem Bruche bei Brünn. Es sind aber ferner diese böhmisch-sächsischen Jurakalke, wie schon ihre Zusammensetzung beweist, gewiss nicht als Ablagerungen in einem langen und schmalen Fjord anzusehen; auch sie sind Denudationsreste, durch ihre eigenthümliche Lagerung vor der gänzlichen Zerstörung bewahrte Spuren einer weitreichenden Transgression.

So zeigt es sich, dass die Juraformation, welche bei Kurdwánow unweit von Krakau unter den Karpathen verschwindet, südlich von dem Berührungspunkte von Weisskirchen (S. 246, Fig. 24) mit ähnlichen Merkmalen wiederkehrt, nie von Lias, fast immer von mittlerer und oberer Kreide begleitet. Ueberall fehlen die Thone mit Waldh. impressa; die Zone des Peltoc. bimammatum tritt stets durch ihre Mächtigkeit hervor.

Wir erkennen ein durch viele Merkmale vereinigtes Juragebiet, welches, unbeirrt durch das Vordrängen der Karpathen, von Czenstochau bis Kurdwánow, bis Brünn, dann aus dem nordöstlichen Böhmen bis gegen Meissen in Sachsen und an der Donau bis gegen Regensburg sich erstreckt.

F. Die Beziehungen des Alpensystems zu seinem nördlichen Vorlande.

Die russische Tafel lässt sich mit unveränderten Merkmalen aus dem Norden bis in die Nähe des Aussenrandes der östlichen Karpathen verfolgen und scheint unter dieselben hinabzusinken. Die einzelnen von West gegen Ost gereihten Zonen der Sudeten treten unmittelbar an den äusseren Rand der Westkarpathen

heran; die widerstandsfähigere Juraformation erscheint sogar noch an dem gefalteten miocänen Vorlande, nur 2 Km. vom Gebirgsrande. Kreide, Jura, Trias und Carbon tauchen anscheinend nacheinander unter die Karpathen hinab; jene Glieder der Sudeten aber, welche heute orographisch hervortreten, Culm und Devon, werden bei Weisskirchen von dem Saume der Karpathen berührt, welcher sich an ihnen zu stauen scheint. Diese stauenden Glieder der Sudeten reichen südlich von dem Berührungspunkte bis an den Bruch von Brünn; es sind aber in Mähren südlich von der Berührungsstelle einige ziemlich klare Andeutungen des Wiedererscheinens von Spuren der versunkenen Jurazone vorhanden.

Wo die Alpen westlich von St. Pölten sich der grossen archäischen Masse am meisten nähern und die Ablenkung gegen ihre karpathischen Bogen beginnt, dort ist diese Masse nackt; nicht einmal jene Schollen von Rothliegend sind hier bekannt, welche sonst den Abbruch begleiten. Von Passau an gegen Donaustauf liegt dann eine Zone von Jurabildungen, welche noch immer durch einige bemerkenswerthe sudetische Merkmale ausgezeichnet sind, und mit derselben trifft man Schollen der nordischen, wahrscheinlich böhmischen Kreideformation; der Abbruch der Masse ist überschoben und Bruch und Einklemmung sind jüngere als die mittlere Kreide.

Das ganze Trias- und Juragebiet vom Fichtelgebirge und bairischen Walde bis zum Schwarzwald und Odenwald ist in grossen und kleinen Schollen zur Tiefe gesunken und bricht an der Donau endlich völlig zur Tiefe. Hier, vor dem Hauptbruche, erfolgen noch einige grosse Kesselbrüche wie im Ries und Höhgau. Die das Senkungsfeld gegen Ost und West umrahmenden Gebirge ragen als Pfeiler oder Horste aus der grossen Senkung. Einzelne Brüche dringen aus dem Senkungsfelde auch in die alten Felsarten der Horste ein, oft nur als grosse Quarzmauern kennbar.

Die Brüche der Absenkung setzen sich nun auch um den südlichen Schwarzwald in den Tafeljura fort, und wohl mag man die Art des Vortretens der vordersten, überschlagenen Welle des Kettenjura (Bötzberg-Profil, S. 150, Fig. 10; Habsburg, S. 151, Fig. 11) als das Anzeichen des thatsächlichen Hinübertretens eines Gliedes des Alpensystems über das Vorland ansehen.

Es ergibt sich aber Folgendes. Oestlich von dem südlichen Ende der böhmischen Masse scheinen die Alpen sammt dem ganzen karpathischen Bogen über zwei andere Gebirge hinübergedrängt zu sein, nämlich über die mesozoischen Zonen der Sudeten und über die russische Tafel. Ebenso tritt südlich vom Schwarzwald der Kettenjura über den gebrochenen Tafeljura. Zwischen beiden Gebieten jedoch, vom Schwarzwalde bis Regensburg, wo man ein Herübertreten über das fränkisch-schwäbische Senkungsfeld erwarten sollte, hat sich der ganze den Alpen zunächst liegende Theil desselben durch den grossen Abbruch längs der Donau abgetrennt und dem Auge gänzlich entzogen; die Ebene bedeckt ihn. Es ist allerdings möglich, dass dieser Bruch durch das Vordringen der Alpen bewirkt wurde. Die allgemeine Absenkung des Trias- und Juragebietes in Franken und Schwaben ist aber von den Alpen unabhängig; das zeigt schon der Umstand, dass sie sich gegen Paris hin wiederholt.

In diesem ganzen Vorlande sind allerdings alte Faltungen nachweisbar; es sind auch seit der mesozoischen Zeit einzelne Ueberschiebungen und Einklemmungen, wie am Buchberge bei Bopfingen, oder bei Voglarn, oder am Fusse des Isergebirges, eingetreten, aber es ist nichts vorhanden, was sich nur annähernd den grossen tangentialen Bewegungen des Alpenrandes vergleichen liesse. Die Zerlegung der Spannung ist daher in diesem Gebiete eine sehr ausgesprochene.

Es mag hier vorläufig nur an Gosselet's Meinung über die Beziehungen des belgischen Kohlengebietes und der Bewegung auf der *Faille du midi* (S. 186) zu dem dortigen Vorlande erinnert sein und an Gilbert's Ansicht, dass die Ursache der Bewegung in den gefalteten Appalachien oberflächlich, in den gesenkten Basin Ranges tiefliegend sei (S. 144).

An früherer Stelle wurde bemerkt, dass der Einbruch der Alpen bei Wien und die grossen Einbrüche des Ostrandes über Graz bis zum Bachergebirge, nach der Beschaffenheit der in die Bruchfelder eingedrungenen und den Brüchen discordant angelagerten Tertiärschichten zu urtheilen, einer und derselben Stufe der Tertiärformation, nämlich der Stufe der Braunkohle von Pitten und Eibiswald mit Mastodon angustidens angehören (S. 178). Diese

Stufe entspricht dem Alter nach sehr genau der Süsswassermolasse von Oeningen, welcher die Asche der Höhgau-Vulcane eingestreut ist. Insbesondere ist es dieselbe Landfauna, welche in Pitten und in Oeningen angetroffen wird, und welche wohl auch die Fauna von Sansans genannt worden ist. Die Landfauna des Süsswasserkalkes von Steinheim und die Vogelfauna des Quellenkalkes im Ries gehören, wie die von Fraas ausgeführten Untersuchungen derselben zeigen, dieser selben Fauna an.

Diese inneralpinen und ausseralpinen Einbrüche fallen also der Zeit nach nahe aneinander, und es ist immerhin möglich, dass sie ganz gleichzeitigen Ereignissen ihren Ursprung verdanken.

Es gibt einige Anzeichen dafür, dass der äussere Bruchrand älter sei. Glieder der ersten Mediterranstufe ziehen sich an dem äusseren Rande der böhmischen Masse von Retz über Eggenburg und Horn, wo sie spätere Störungen erlitten haben, in vielen einzelnen Vorkommnissen über Wiedenfeld bei Krems, Melk, Wallsee, Linz, Ortenburg bei Passau u. s. w. bis gegen den Donaubruch und scheinen, so viel ich diese Sache zu beurtheilen weiss, an diesem Bruche auch eine ähnliche Stellung einzunehmen. Diese Ablagerungen sind älter als die Landfauna von Oeningen, Steinheim und Eibiswald. Sie scheinen in die erwähnten Einbrüche ausserhalb der Alpen ebensowenig einzutreten als in die alpinen Einbrüche.

Anmerkungen zu Abschnitt I: Das nördliche Vorland des Alpensystems.

1 C. Grewingk, Geogn. Karte der Ostseeprovinzen Liv-, Esth- und Kurland; Archiv für Naturkunde, Dorpat, 1879, Bd. VIII.

2 A. v. Alth, Ueber die paläozoischen Gebilde Podolien's und deren Versteinerungen; Abhandl. geol. Reichsanst. 1874, VII, insbes. S. 1—21, und in Ergänzung dess.: Die Gegend von Nizniow und das Thal der Zlota Lipa in Ostgalizien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1877, XXVII, S. 319—340.

3 Paul, Grundzüge der Geol. der Bukowina; Jahrb. geol. Reichsanst. 1876, XXVI, S. 328—330.

4 Fr. Schmidt, Einige Bemerkungen über die podol.-galiz. Silurformation und deren Petrefacten; Bull. Acad. St.-Pétersb., 1875.

5 A. v. Alth, Die Versteinerungen des Nizniover Kalksteines; Beitr. zur Palaeont. von Oesterr.-Ung. von Mojsisovics und Neumayr, 1881, I, S. 183 u. folg.

6 Die Lagerungsverhältnisse in Volhynien sind mir allerdings noch unklar; Ossowski's schöne geol. Karte von Volhynien (Fol., Paris, 1880) zeigt gegen West Kreide und Tertiär; gegen Ost aber, jenseits des Flusses Slucz und in seinem Quellgebiete azoischen Quarzit, weiterhin auch Kalk und Schiefer. Der Quarzit aber liegt unmittelbar auf Granit.

7 A. v. Alth, Paläoz. Geb., S. 4; ein Profil vom Pruth zum Dniestr, allerdings hauptsächlich mit Bezug auf die Tertiärbildungen, gibt Petrino, Verhandl. geol. Reichsanst. 1875, S. 218.

8 Paul, Geol. Bukow., S. 330.

9 A. G. Nathorst, Ueber die wissenschaftl. Resultate der letzten schwedischen Exped. nach Spitzbergen (übers. v. Th. Fuchs); Verhandl. geol. Reichsanst. 1883, S. 25.

10 Godwin-Austen, Jones, Ramsay, Geikie leugnen den marinen Ursprung des Old Red und betrachten Scandinavien mit seiner Fortsetzung zu den Hebriden als ein sehr altes Festland; Geikie, On the Old Red Sandstone of West. Europe; Trans. Roy. Soc. Edinb., 1878, XVIII, p. 346, 350.

11 V. Hilber, Geol. Aufnahmen um Lubaczów und Sieniawa in Galizien; Verhandl. geol. Reichsanst. 1882, S. 307.

12 Ferd. Roemer, Geogn. Beobacht. im polnischen Mittelgebirge, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1866, XVIII, S. 667—690, Taf. XIII; J. de Hempel, Descr. géol. des environs de Kielce, de Chenciny et de Malagoszcz, situés au Centre de la Pologne, Ann. des Mines, 1867, 6e sér., XII, p. 141—183, mit Karte; E. Tietze, Verhandl. geol. Reichsanst. 1883, S. 31. Die Umgebung von Chmielnik und Pinczow auf russischem Gebiete ist dargestellt auf der geol. Karte eines Theiles des Gouvern. Kielce von S. Kontkiewicz, Sprawozdanie z Badan geol. etc., Pamietn. Fizyjgraf. Warszaw., 1882, II, tab. X.

13 Zeuschner, Ueber das Vorkommen von Diceras arietina in Korzetzko bei Chenciny, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1868, XX, S. 576—580; Ueber die eigenthümliche Entwicklung der Triasformation zwischen Brzeziny und Pierzchnica u. s. w. ebendas. S. 727—740, Taf. XV; Ueber die neuentdeckte Silurformation von Kleczanów bei Sandomierz im südl. Polen, ebendas. 1869, XXI, S. 257—262, und Geogn. Beschr. der mittleren devonischen Schichten zwischen Grzegorzowice und Skaly-Zagaje bei Nowa Slupia, ebendas. S. 263—274; ferner: Ueber den silurischen Thonschiefer von Zbrza bei Kielce, ebendas. S. 569—573 und Karte. Es bleibt mir in der That noch einiger Zweifel darüber, ob nach Hempel's Darstellung die mesozoischen Schichten an allen Bewegungen des alten Gebirges hier theilgenommen haben. J. Trejdosiewicz, Opis badán geol. etc., Sprawozd. Komis. fizyjogr. XIII, Krakau, 1879, hat bei Zbrza auch mitteldevonischen Kalkstein angetroffen und zählt den dortigen Quarzit zum Unterdevon.

14 Ferd. Roemer, Geogn. Beobacht., S. 675; Leth. geogn., 1880, I, S. 23, 49.

15 Resultate dieser Arbeiten sind, soweit sie Devon und Carbon betreffen, zu einer eingehenden Gesammtdarstellung vereinigt von D. Stur, Die Culmflora, I, S. 91—103; II, S. 317—366; Abhandl. geol. Reichsanst. 1875—1877, VIII.

16 L. Hohenegger, Geogn. Karte der Nordkarpathen in Schlesien u. s. w., mit Erläuterungen, Gotha, 1861; dess.: Geogn. Karte des ehemaligen Gebietes von Krakau, zusammengest. von Corn. Fallaux, Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1866, XXVI.

17 Ferd. Roemer, Geol. von Oberschlesien; geogn. Karte von Oberschlesien, in 12 Blättern, 1870.

18 Es ist in letzter Zeit die Meinung wieder hervorgetreten, dass der schmale, westlich vom Syenit liegende Kalkzug am Schlosse Eichhorn dem Devon zuzuzählen sei (C. v. Camerlander, Verhandl. geol. Reichsanst. 1883, S. 57); hieraus würde folgen, dass nicht ein einheitlicher, sondern zwei oder mehr Brüche an dieser Stelle nebeneinander die Grenze der Sudeten bezeichnen; eine weitere Aenderung der hier versuchten Darstellung würde sich nicht ergeben.

19 Ferd. Roemer, Geol. von Oberschlesien, Atlas, Uebersichtskärtchen, Bl. I.

20 W. Jicinsky, Der Zusammenhang der mähr.-schles. und der preuss.-schles. Kohlenformation; aus der Oest. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen, 1877, Taf. IX; ders.: Der Zusammenhang der einzelnen Flötze und Flötzgruppen im Ostrau-Karviner Steinkohlenreviere, ebend. 1880, S. 409 u. folg., Taf. XVII.

21 F. v. Hochstetter, Ueber das Vorkommen von Erdöl und Erdwachs im Sandecer Kreise in Westgalizien; Jahrb. geol. Reichsanst. 1865, XV, S. 206.

22 Entstehung der Alpen, S. 71.

23 D. Stur, Culmflora, S. 319, 320.

24 L. Hohenegger's Karte von Krakau zeigt aufs Deutlichste diese Verhältnisse.

25 Bemerkungen über die Lagerung des Salzgebirges bei Wieliczka; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, 1868, Bd. 58, 1. Abth., S. 544.

26 D. Stur, Vorläufige Notiz über die dyadische Flora der Anthracit-Lagerstätten bei Budweis in Böhmen; Verhandl. geol. Reichsanst. 1872, S. 165—168.

27 H. Credner, Die geol. Landesuntersuchung des Königreichs Sachsen, 8°, 1881, S. 9. (Aus den Mitth. des Vereins für Erdkunde in Leipzig, 1880.)

28 Gümbel, Die geogn. Verhältnisse der fränkischen Alb (aus der ‚Bavaria'), 8°, 1864, S. 14; Geogn. Beschreibung des Königreiches Baiern, II, S. 656 u. folg.; III, S. 555 u. folg. und an vielen anderen Stellen. Das Hinzutreten des Zechsteins im nördlichen Theile dieses Gebietes ändert die Sachlage nicht wesentlich; auch F. Beyschlag, Geogn. Skizze der Umgegend von Crock im Thüringerwalde, Zeitschr. für ges. Naturw. Halle, Bd. 55, 1882, gibt auf Taf. VII die Darstellung einer solchen Rothliegend-Scholle und der Randbrüche; hier ist das Flötz permisch.

29 H. Bücking, Gebirgsstörungen und Erosionserscheinungen südwestlich vom Thüringerwalde, Jahrb. der k. preuss. geol. Landesanst. und Bergakad. zu Berlin für 1880,

I, 1881, S. 60—105, Taf. II, III; W. Frantzen, Die Störungen in der Umgegend des grossen Dollmars bei Meiningen, ebendas. S. 106—136, Taf. IV, V.

30 Gümbel, Geogn. Beschreibung Baierns, II, S. 592. Sie sind: die Culmbacher, Weismainer, Lichtenfelser und Staffelsteiner Spalte. Der Verfasser stellt noch viel genauere Darstellungen dieser merkwürdigen Störungen in Aussicht.

31 Gümbel, Geol. Rundschau von Kissingen (aus dem Werke: Bad Kissingen von Sotier), S. 13—16.

32 E. W. Benecke und E. Cohen, Geogn. Beschreibung der Umgegend von Heidelberg, 8°, 1881, insbes. S. 595 u. folg.

33 G. Deffner und O. Fraas, Die Juraversenkung bei Langenbrücken (aus dem N. Jahrb. für Mineral. u. s. w.), 8°, Stuttgart, 1859. Nach den ausdrücklichen Angaben von Benecke und Cohen sind hier die Rhein- und Odenwaldspalten getrennt; Knop und Jordan haben die von Süd nach Langenbrücken gelangende Rheinspalte in der Odenwaldspalte ihre Fortsetzung finden lassen: Das rhein.-schwäb. Erdbeben vom 24. Januar 1880, Verhandl. des naturwiss. Vereins zu Karlsruhe, 1880.

34 O. Fraas, Geol. Profil der Schwarzwaldbahn von Zuffenhausen nach Calw; Württemb. Jahresh. 1876, XXXII, S. 128.

35 Ders., Vorlage der Eisenbahnprofile Bietigheim-Bruchsal und Rothweil-Villingen; ebendas. 1872, XXVIII, S. 66.

36 A. R. Ausfeld, Geol. Skizze der Gegend von Rheinfelden, Mittheil. Aargauer Naturf. Ges. 1882, III, S. 83—102; F. Mühlberg, Sammelprofil der Bohrungen, ebendas. mit Tafel.

37 O. Fraas, Geogn. Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern, 8°, 1882, S. XX—XXVI. Eine Reihe wichtiger Anhaltspunkte hat C. Regelmann gesammelt; Trigonom. Höhenbestimmungen u. s. w., Württemb. Jahrb. für Statistik u. s. w., 1877, V. ‚Das Schichtgefälle scheidet den Albkörper in drei dem Streichen parallele Zonen: in eine nahezu horizontale nördliche Randzone, eine schwach geneigte Mittelzone und eine stark einfallende südliche Randzone' (ebendas. S. 137).

38 C. Deffner, Die Lagerungsverhältnisse zwischen Schönbuch und Schurwald, Württemb. Jahresh. 1861, XVII, S. 170—262, Taf. IV, V, insbes. S. 256 u. folg., und in Ergänzung der Darstellung derselben Gegend: Fraas, Begleitworte zum Atlasblatt Stuttgart, 1865; H. Bach, Atlasbl. Böblingen, 1868; Deffner, Atlasbl. Kirchheim, 1872, u. And.

39 O. Fraas, Geogn. Beschreibung von Württemberg, S. XIX.

40 G. Deffner und O. Fraas, Begleitworte zur geogn. Specialkarte von Württemberg, Atlasblätter Bopfingen und Ellenberg, 4°, 1877; ferner: Fraas, Geogn. Beschreibung von Württemberg, S. XXXI u. 161; insbes. über die vulcanischen Erscheinungen im Zusammenhange mit dem Baue: Gümbel, Ueber den Riesvulcan und über vulcanische Erscheinungen im Rieskessel, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. München, 1870, I, S. 153—200; G. Deffner, Die Granite in den vulcanischen Tuffen der schwäb. Alb, Württemb. Jahresh. 1873, XXIX, S. 121 u. folg., und viele andere Schriften. Auch v. Dechen anerkennt den Rieskessel als Einsturz und fasst auch das Urgebirge im Ries als Theil eines alten Festlandes auf: Ueber auffallende Lagerungsverhältnisse, Verhandl. naturhist. Vereins Rheinl. Westph., Sitzungsber. 1880, XXXVII, S. 37. Für Ueberschiebung insbes. G. Deffner, Der Buchberg bei Bopfingen, Württemb. Jahresh. 1870, XXVI, S. 95—142, 3 Taf.

41 Cl. King, Rep. on the Geol. Explor. of the 40th Parallel, 4°, 1878, I, p. 515, pl. XXIII. Die ‚rohe bothryoidische Oberfläche, welche aus riesigen schwammähnlichen Gestalten aufgebaut scheint, die sich wie Dachziegel überdecken', entspricht auch ganz und gar den Ablagerungen des Wallersteins.

42 O. Fraas, Geogr. Karte von Württemberg, Bl. Hohentwiel und Begleitworte, 1879.

43 Élie de Beaumont, Explic. de la Carte géol. de la France, 1841, I, p. 267—437.

44 G. Bleicher, Essai de Géol. comparée de Pyrenées, du Plateau central et des Vosges; Thèse pres. à la fac. des Sciences de Strasbourg, 8°, Colmar, 1870, p. 71 u. folg.

45 E. W. Benecke, Ueber die Trias in Elsass-Lothringen und Luxemburg, Abhandl. zur geol. Specialkarte von Elsass-Lothringen, 1877, I, S. 794 u. folg., und: Abriss der Geol. von Elsass-Lothringen, 8°, Strassburg, 1878, S. 110 u. folg. Sandberger und Platz mögen als Vertreter von Beaumont's Ansicht, Lepsius und Laspeyres für die entgegengesetzte genannt werden.

46 H. Grebe, Ueber das Ober-Rothliegende, die Trias etc. in der Trier'schen Gegend, Jahrb. k. preuss. geol. Landesanst. für 1881, S. 471 u. folg., Taf. XII; für die Fortsetzung gegen Metz: G. Steinmann, Geol. Führer der Umgegend von Metz, Jahresber. des Vereines für Erdkunde zu Metz, IV, 1882, S. 10; auch Benecke's wohlbegründete Bemerkungen im Neuen Jahrb. für Mineral. u. s. w., 1880, I, S. 222.

47 Mich. Lévy et Ch. Vélain, Sur les failles du revers occidental du Morvan, Bull. soc. géol. 1877, 3e sér., V, p. 350—365. Es scheinen im Morvan die Brüche des Ostrandes weit nach einwärts zu reichen; sie sind bei Alligny, südlich von Saulieu, mit Basalt injicirt; ebendas. p. 562 u. folg.; Beaumont, Explic. géol., II, p. 207, 273 und a. and. Ort.; auch Gruner, Essai sur une Classific. des principaux filons du Plateau Central de la France, Ann. des Sciences de la Soc. imp. de Lyon, 1856, 2e sér., VIII, p. 202 u. folg.

48 Bei Thiviers in der Dordogne, am südwestlichen Rande des Plateaus, an einem grossen Randbruche, sind die Belemniten des Ooliths in Schwerspath verwandelt; Harlé, Note sur la form. jurass. et la position des dépôts manganésifères dans la Dordogne, Bull. soc. géol. 1864, 2e sér., XII, p. 33 u. folg.; am SO.-Rande sind die Verwerfungen in den Coirons bereits gänzlich durch Abrasion geebnet gewesen, als sie von Basalt überdeckt wurden; Torcapel, ebendas. 1882, 3e sér., X, p. 409, 412.

49 Élie de Beaumont, Explic. carte géol., II, p. 417 u. folg.

50 Daubrée, Mém. sur la Relation des Sources thermales de Plombières avec les filons métallifères, Ann. des Mines, XIII, 1858; es sei hier nur kurz an die Quellen von Kreuznach und von Dürckheim a. d. Hardt erinnert, welche auf den Rheinbrüchen liegen; die ältesten bekannten Quellabsätze bestehen auch hier aus Quarz; Laspeyres, Kreuznach und Dürckheim a. d. Hardt, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1867, XIX, S. 803—922, Taf. XII, und 1868, XX, S. 153—204, insbes. S. 188 und 198, 199; ebenso liegt am Westabhange des Schwarzwaldes, knapp an der Therme von Badenweiler, der Gang Haus-Baden auf einem Rheinbruche; Sandberger, Geol. Beschreibung der Umgegend von Badenweiler, Beitr. inn. Stat., VII, 1858, S. 14, 15; Daub wollte im Jahre 1851 einen Zusammenhang solcher Gangtrümmer so ziemlich durch die ganze Länge des Schwarzwaldes erkennen und wies damals schon auf den Parallelismus mit den von Beaumont beschriebenen Verwerfungen der Vogesen hin; Daub, Die Feldsteinporphyre und die Erzgänge des Münsterthales bei Staufen, Neues Jahrb. für Mineral. u. s. w., 1851, S. 1—23.

51 E. W. Benecke und E. Cohen, Umgegend von Heidelberg, S. 178 u. folg.

52 H. Bach, Begleitworte zur geol. Karte von Württemberg, Atlasbl. Calw, 1869, S. 18.

53 E. Paulus, Begleitworte zur geogn. Specialkarte von Württemberg, Atlasbl. Freudenstadt, 4°, 1866, S. 13.

54 Sandberger, Geol. Beschreibung der Umgebungen der Renchbäder, Beitr. zur Statistik der inn. Verwalt. des Grossherzogthums Baden, Heft XVI, 1863; Vogelgesang, Geogn. bergmänn. Beschreibung des Kinzigthaler Bergbaues, ebendas. Heft XXI, 4°, 1865, und insbes. F. Sandberger, Untersuchungen über die Erzgänge von Wittichen im bad. Schwarzwalde, Neues Jahrb. für Mineral. u. s. w., 1868, S. 388; Sandberger erwähnt in seiner in Bezug auf die Art der Füllung dieser Gänge so lehrreichen Monographie des Schapbacher Hauptganges (Untersuch. über Erzgänge, 1882, I, S. 45) eines Gerölles aus Vogesensandstein, welches zeigt, dass schon vor Ablagerung des letzteren hier Barytgänge gebildet wurden, lässt aber darum den Leser nicht im Zweifel darüber, dass die hier

besprochenen Gänge von jüngerem Alter seien und sich häufig in Buntsandstein und Rothliegendem als quarzige oder barytische Trümmer fortsetzen.

55 J. W. Judd, The Secondary Strata of Scotland; Quart. Journ. Geol. Soc. 1873, 1874, 1878, insbes. 1873, p. 131—134, pl. VII.

56 A. E. Reuss, Die geogn. Verhältnisse des Egerer Bezirkes und des Ascher Gebietes in Böhmen; Abhandl. geol. Reichsanst. 1852, I, S. 30—32; J. Jokély, Zur Kenntniss der geol. Beschaffenheit des Egererkreises in Böhmen, Jahrb. geol. Reichsanst. 1856, VII, S. 527, 528. Diese grossen Quarzzüge sind auch verzeichnet auf F. von Hauer's Geol. Karte von Oesterreich.

57 F. v. Hochstetter, Geogn. Studien aus dem Böhmerwalde, IV; Jahrb. geol. Reichsanst. 1855, VI, S. 767—774 und die schematische Zeichnung S. 762.

58 Gümbel, Geogn. Karte des Königreiches Baiern, Bl. IX, Cham.

59 L. Wineberger, Geogn. Beschreibung des bairischen und Neuburger Waldes, 8°, Passau, 1851, und Gümbel, Geogn. Beschreibung des Königr. Baiern, II, S. 372 u. folg., 497, 508 und a. and. Ort.

60 Gümbel, ebendas. S. 377.

61 J. G. Egger, Der Jurakalk bei Ortenburg, aus dem I. Jahresber. des naturhist. Vereines in Passau für 1857, S. 6 u. folg.; Gümbel, Geogn. Beschreibung des Königr. Baiern, II, S. 695; L. v. Ammon, Die Jura-Ablagerungen zwischen Regensburg und Passau, Abhandl. des zool.-mineral. Vereins in Regensburg, 1875, X, S. 94—97.

62 F. Roemer, Geol. Oberschlesiens, S. 276; M. Neumayr, Die Cephalopodenfauna der Oolithe von Balin bei Krakau, Abhandl. geol. Reichsanst. Wien, 1871, V, S. 50, 51; Ammon, a. ang. Orte, insbes. S. 151; V. Uhlig, Die Jurabildungen in der Umgebung von Brünn, Mojsisovics und Neumayr, Beitr. zur Paläont. Oesterr.-Ung., 1881, I, S. 141—145. Ueber den Character der Kreidebildungen Carl Gerster: Die Plänerbildungen um Ortenburg bei Passau, Nova Acta Acad. Leop. Carol., 1881, XLII, p. 57, 58. Diese entsprechen dem Pläner von Hundorf und Strehlen, dem Baculitenmergel und den Schichten von Kieslingswalda; aus dem letzteren Umstande wird auch die Möglichkeit einer Verbindung mit dem norddeutschen Meere über Schlesien als denkbar erklärt. Ferner soll die Kreideablagerung von Siegsdorf bei Traunstein weit mehr den Vorkommnissen von Lemberg und Norddeutschland, als jenen von Böhmen und Sachsen sich nähern.

63 Jurassische Versteinerungen wurden noch nicht gefunden; die Stelle ist erwähnt bei F. v. Hauer, Ueber die Eocängebilde im Erzherzogthum Oesterr. u. s. w., Jahrb. geol. Reichsanst., IX, 1858, S. 119; sie wurde in neuester Zeit von Frauscher untersucht. Das Vorkommen der Belemnitellen in dem See ist seit längerer Zeit bekannt.

64 F. Karrer, Ueber ein neues Vorkommen von oberer Kreideformation in Leitzersdorf bei Stockerau; Jahrb. geol. Reichsanst. 1870, XX, S. 157—184, 2 Taf.

65 Uhlig, a. ang. Orte, S. 145.

66 G. Bruder, Zur Kenntniss der Jura-Ablagerungen von Sternberg bei Zeidler in Böhmen; Sitzungsber. k. Akad. Wiss. 1881, Bd. 83, S. 47—49, 2 Taf.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Leitlinien des Alpensystems.

Der Nordrand der Alpen und der Karpathen. — Oertliche Vorschübe des Aussenrandes. — Umbeugung des Endes der Karpathen. — Umbeugung des westsiebenbürgischen Gebirges. — Umbeugung des Appennin. — Sicilien. — Nordafrikanisches Gebirge. — Gibraltar. — Die betische Cordillere. — Wirbelförmige Anordnung der Leitlinien.

Je mannigfaltiger die Umrisse der einzelnen Gebirgstheile sind, welche das nördliche Vorland der Alpen und der Karpathen bilden, um so bemerkenswerther ist die Einheit der langen und leicht geschwungenen Curve, welche den Nordrand des Kettengebirges bezeichnet, und welche sich auch dort ohne Mühe verfolgen lässt, wo in Niederösterreich und Mähren Theile des Aussenrandes zur Tiefe gesunken sind.

Am südlichen Ende des Schwarzwaldes treten die Falten des Juragebirges mit überbogenem Vorderrande über den gesenkten Tafeljura.

Innerhalb des Juragebirges, an dem ganzen äusseren Saume der Alpen und auch in den Karpathen kündigt sich, welches auch die Beschaffenheit des Vorlandes sei, das Vordringen des Gebirges durch einen oder mehrere lange Faltensättel in den miocänen Ablagerungen an. Es ist überflüssig, hier von der Wölbung der Schweizer Molasse zu sprechen. Die Schwierigkeiten, welche sich durch lange Zeit der Verfolgung dieser Falten in den weichen und daher leicht zerstörbaren Miocänschichten gegen Osten entgegensetzten, sind in neuerer Zeit dadurch behoben worden, dass gerade in diesem äusseren Saume bergmännische Arbeiten den gewünschten Aufschluss lieferten. Gümbel's Querprofil durch das

Leitzachthal zeigt in den kohlenführenden Tertiärschichten dieses Saumes bei Miesbach zwei oder drei nordwärts überschobene Falten.[1] Sehr weit davon, in den Gruben von Wieliczka, haben in gleicher Weise Paul's Untersuchungen das Vorhandensein von zwei oder drei spitzen und nordwärts überschobenen Falten nachgewiesen, welche die eigenthümliche Lage der Salzflötze in dem miocänen Tegel erklären.[2] Noch weiter gegen Ost liegt ebenso an dem äusseren Saume der Karpathen die wichtige Lagerstätte von Ozokerit bei Boryslaw in einem antiklinalen Sattel des miocänen Salzthones. Mit Recht hebt Paul hervor, dass diese beiden wichtigsten Productionsorte des galizischen Bergbaues, nämlich der Salzbergbau von Wieliczka und die Ozokeritgruben von Boryslaw, unter dem Einflusse derselben tektonischen Erscheinung stehen. ‚Derselbe nordwärts wirkende Gebirgsschub, der die Salzflötze von Wieliczka zu steilen Falten zusammenbog, richtete auch den Schichtensattel von Boryslaw auf und schuf so die Bedingungen zur Ansammlung eines Productes, durch dessen Ausbeutung bereits Millionen gewonnen wurden.'[3]

Allgemein ist die Regel, dass die bauwürdigen Mengen von Erdöl sich auf den Antiklinalen angesammelt vorfinden, und die Ozokerit- und Erdölzone von Boryslaw setzt sich weit gegen Osten, stets dem äussersten Saume des Gebirges folgend, bis Sloboda rungurska und Lucza, also bis südlich von Kolomea fort, und noch viel weiter, wo in der Wallachei die Karpathen beginnen, sich aus Nord—Süd gegen Nordost—Südwest umzubeugen, setzt sich dieselbe Erscheinung, hier in noch viel jüngeren Schichten, den Congerien- und Paludinenschichten fort. Im Flussgebiete des Slonik, nördlich von Buzeu, in dem südöstlichsten Theile der Karpathen, stehen nach Cobalcescu die salzführenden Thone steil aufgerichtet, und die discordant ihnen vorliegenden Paludinenschichten sind in Falten gelegt, welche, der Beugung des Gebirges entsprechend, von Nordost gegen Südwest streichen.[4]

Die Molassefalten der Schweiz liegen innerhalb des Juragebirges; jene des Leitzachthales in Baiern liegen südlich von Regensburg und von dem Anschlusse des grossen Donaubruches an dem überbogenen Bruchrand der archäischen Masse; die Falten von Wieliczka befinden sich in unmittelbarer Nähe der

mesozoischen Zonen der Sudeten, welche gerade hier unter die Karpathen hinabzusinken scheinen, und sie setzen sich fort durch das ganze Gebiet, in welchem die russische Tafel das Vorland bildet.

Genauere Prüfung zeigt freilich einige untergeordnete Beirrung in dem sonst so stetigen Verlaufe dieser äusseren Curve. Diese Beirrung wird durch das örtliche raschere Hervortreten einzelner Gebirgstheile herbeigeführt. Wo die Flyschzone aus der Schweiz nach Oesterreich übertritt, in der Gegend des Bodensees, tritt in flacher S-förmiger Beugung die östliche Fortsetzung um ein gutes Stück über die westliche Streichungsrichtung vor. Dieses Vortreten des Aussenrandes entspricht im Innern des Gebirges der Schleppung des Rhaetikon an der Rheinlinie (S. 183, Fig. 15) und dem Einsturze des Prättigau.

Aehnliches wiederholt sich bei Salzburg. Die Flyschzone ist versenkt, aber deutlich erkennt man, dass sie an der Salzach, wo sie wieder hervorragt, weiter nach Norden gerückt ist.

Noch schärfer bemerkt man dieses bei Wien; an dem Durchbruche der Donau tritt der nördlich von dem Flusse liegende Theil der Flyschzone um 2—3 Km. mit seinem Aussenrande über die Fortsetzung des südlichen Aussenrandes vor.

Dies sind Verschiebungen im Sinne von Blattflächen. Sie gehen aus tangentialer Bewegung hervor, wie die überschobenen Randfalten selbst; aber trotz der massgebenden Bedeutung, welche diese Bewegung für das ganze Streichen und den Bau dieser grossen Zonen hat, scheinen sie, auch abgesehen von den oftererwähnten örtlichen Einbrüchen, nicht frei zu sein von langen linearen Brüchen. Der um die Kenntniss der westlichen Alpen hochverdiente Lory sucht sogar in grossen Senkungsbrüchen den wesentlichen Zug des Aufbaues dieses Theiles der Kette. Zwei derselben hat Mojsisovics im Salzkammergute verfolgt; weitere Studien müssen zeigen, wie weit und unter welchen Formen die tangential bewegte Masse hier zugleich gesenkt ist.[5]

A. Umbeugung des Endes der Karpathen.

Schon vor mehreren Jahren konnte es ausgesprochen werden, dass die tangentiale Kraft nicht nur in den Alpen, sondern in

Europa überhaupt vornehmlich gegen Nord gerichtet sei, mit Abweichungen gegen West und gegen Ost. Wir werden sehen, dass durch seitherige Arbeiten dieses Ergebniss für die damals betrachteten Gebirgstheile vollkommen aufrecht bleibt, dass aber neue Erfahrungen sich hinzufügen, welche das Gesammtbild des Alpensystems doch gar wesentlich verändern.

In den westlichen Theilen der Alpen, wurde damals gesagt, ist die bewegende Kraft gegen West gerichtet, in der Ostschweiz, in Baiern und bis Wien gegen Nord, in den Karpathen gegen Nordwest, Nord, Nordost, endlich rein gegen Ost, so dass nordsüdliches Streichen eintritt und die Gebirgskette einen weiten Bogen beschreibt.

Nun wurde eben erwähnt, dass an dem südöstlichsten Aussenrande der Karpathen, in der Wallachei, gegen Südwest streichende Falten auftreten. Noch viel weiter gegen West, im Prahovathale, ist Flysch und in demselben Acanthoceras mamillare bekannt,[6] und es scheint sich eine volle Umbeugung zu vollziehen. Die mir bekannt gewordenen Beobachtungen sind jedoch zu unvollständig, um erkennen zu lassen, in welche Beziehungen die Flyschzone hier zu dem höchst verwickelten Gebirgszuge tritt, welcher von den Stromschnellen der Donau durch das östliche Serbien zum Balkan zieht.[7]

Bleiben wir nun auch auf wallachischem Boden heute noch in Zweifel über das volle Maass der Umbeugung der tangentialen Bewegung, so ist in Siebenbürgen für eine innere Parallelkette bereits Sicherheit erlangt. Es hat nämlich Lóczy gefunden, dass der westsiebenbürgische, innerhalb des karpathischen Bogens sich erhebende Gebirgsstock gegen Ost, Südost und auch gegen Süd von einer gefalteten Zone von Flysch mit regelmässigen Aufbrüchen von Klippenkalk umgürtet ist, welche innerhalb der Krümmung des Marosflusses bogenförmig hinstreicht.[8]

Hier vollzieht sich thatsächlich volle Umbeugung gegen Süd. Es erleidet innerhalb des pannonischen Gebietes die tangentiale Bewegung eine Ablenkung von beiläufig 2½ Quadranten oder 225°. Dieses Ergebniss fordert zur neuerlichen Betrachtung des südlichen Endes des Appennin auf.

B. Umbeugung des Endes des Appennin.

Das Kalk- und Sandsteingebirge der Basilicata erreicht im Golf von Tarent das jonische Meer; die äussersten Ausläufer der Kalkberge reichen etwa bis Spezzano; was südlicher folgt, ist ein aus Granit, Gneiss und älterem Schiefer bestehendes Gebirge mit den Merkmalen der älteren Felsarten unserer Alpen. Wir betrachten nur das südlichste Stück, den Stock des Aspromonte, welchen die beiden Busen von Squillace und S. Eufemia abschnüren. Die Westseite ist abgebrochen; diese, sowie den Kamm bilden die älteren krystallinischen Gesteine. Am östlichen Gehänge, oder vielmehr gegen SO. und nur gegen Sinopoli auf die Höhe übergreifend, schliesst sich eine sehr unterbrochene Schieferzone an. Auf diesen älteren Felsarten erscheinen vereinzelte Schollen von tithonischem Kalkstein, zuweilen mit Nerineen, und von cenomanen Ablagerungen mit afrikanischem Typus, endlich in etwas grösserer Ausdehnung tertiäre Flyschsandsteine mit einem kleinen, Anthracotherium-führenden Kohlenflötze. Alle diese Transgressionen gehören dem Südosten und Süden des Aspromonte an, und sie reichen bis an die südlichste Spitze in der Gegend von Mellito.

Sowohl die älteren krystallinischen Felsarten, als die Schieferzone greifen nach Sicilien hinüber, wo sie den Kern des peloritanischen Gebirges bis über Cap Calavá hinaus bilden, wie es Seguenza so genau beschrieben hat.[9] Auch die Transgressionen erscheinen wieder, so insbesondere mehrere Schollen der afrikanischen Cenomanbildungen, welche in der Umgebung von Barcelona dem alten Gebirge auflagern. Zugleich schliesst sich aber eine ausgezeichnete Zone von Sedimentbildungen an den äusseren Rand der Schieferzone, in welcher man das Rothliegende, die Dolomite der Triasformation, rhätische Schichten mit Spirigera oxycolpos u. A., zwei oder drei petrefactenführende Stufen des Lias, dann Tithon und Neocom unterscheidet. Cap S. Alessio im Südosten und Militello im Westen bezeichnen am besten den Verlauf dieser Zone. Südlich folgt dieser eine Höhenzone von tertiären Flyschbergen, deren Fuss von den Laven des Aetna bespült wird.

Obwohl ich selbst das Vergnügen gehabt habe, unter der Führung des Herrn Seguenza diese merkwürdige Zone zu besuchen, welche in ihrer Zusammensetzung mehr als irgend ein Theil des Appennin an die Ostalpen erinnert, habe ich wegen der verhältnissmässig geringen Längenerstreckung derselben bis jetzt nicht gewagt, weitergehende Schlüsse an ihr Auftreten zu knüpfen.

Seither hat sich die Kenntniss von dem Baue der sicilischen Gebirgszüge beträchtlich erweitert. Es ist insbesondere aus Gemmellaro's wichtigen Untersuchungen bekannt geworden, dass die Triasformation der Ostküste durch die Madonien sich fortsetzt und dann, in zwei grosse Züge gabelförmig getheilt, einerseits längs der Nordküste bis zum M. S. Giuliano bei Trapani, andererseits gegen SW. bis in die Nähe von Sciacca reicht. Sie bildet an vielen Orten die Unterlage einer mannigfaltigen Reihe von rhätischen, jurassischen und cretacischen Ablagerungen und ist oft durch Fossilien, insbesondere durch Daonellen und Halobien kennbar. Die tiefsten Lagen erscheinen am M. S. Elia, an der Nordküste in der Nähe von Bagheria, O. von Palermo. [10]

Ebenso ist seither durch eine neuere Arbeit Mottura's auf weite Strecken hin sowohl am Südrande der Madonien, als auch weiter gegen SO. über Raddusa gegen den Westrand der Ebene von Catania, und im SW. gegen Caltanisetta das Hervortauchen mächtiger Massen von Flyschgesteinen, von Argille scagliose mit Fucoiden, von Albarese, Sandstein und Nummulitenkalkstein in früher kaum vermutheter Ausdehnung nachgewiesen worden. [11]

Nachdem nun sogar von Boschetello bei Vizzini cephalopodenreicher Neocom als die Unterlage jener Hippuritenkalksteine bekannt geworden ist, welche gegen SO. bis zum Cap Passaro streckenweise sichtbar sind, [12] wird man sich der Meinung nicht mehr verschliessen dürfen, dass die südwärts geneigte Verrucano- und Triaszone des Cap Alessio thatsächlich als ein Theil des Schichtenkopfes einer weitgestreckten Kalkzone anzusehen ist.

Wenn nun die Einheit des Aspromonte in Calabrien und des peloritanischen Stockes in Sicilien ausser Zweifel steht, wie die gegenseitige Lage, die Umbeugung der allerdings lückenhaften calabrischen Schieferzone und die Identität der cretacischen Transgressionen zeigt, so folgt hieraus, dass die gefalteten Sediment-

bildungen am Aussenrande des Appennin unter einem Theile des jonischen Meeres eine scharfe Beugung gegen West erfahren.

Und nun sehen wir uns plötzlich vor ein neues Problem gestellt. Im Nordosten Siciliens erblicken wir ein Fragment alter krystallinischer Felsarten, umgürtet von einer aus Calabrien herüberreichenden Zone von Schiefer; dieser folgen Zonen von Verrucano, Trias, rhätischer Stufe, Lias bis Neocom, Alles auf ein ziemlich schmales Band zusammengedrängt, das kaum über Taormina herabreicht; dann folgen die Flyschgesteine. Zuerst erscheinen sie als ein ansehnlicher selbständiger Saum bis in die Nähe des Aetna, dann sinken sie unter die jüngeren Bildungen hinab, enthüllen sich nur stellenweise und lassen wohl auch ihre Unterlage, Hippuritenkalk und Neocom, zu Tage treten.

Ein Theil der horizontalen jüngeren Tertiärschichten findet seine leicht erkennbare Fortsetzung auf dem tafelförmigen Malta. Die Fortsetzung des Eocän- und Kreidegebirges aber liegt, wie Coquand schon vor vielen Jahren ganz richtig erkannte, im nördlichen Afrika.[13] Weit zieht sich von dort das Vorgebirge Dak'hela mit dem Cap Bon gegen Sicilien herüber; es ist zum grossen Theile aus Neocom und Flysch zusammengesetzt, wie die Vorkommnisse am Cap Bon selbst, bei Zaghouan und an der Südseite gegen den Golf von Hammamet lehren.[14]

Dort also haben wir unsere Vergleichungen fortzusetzen.

C. Die nordafrikanische Kette.

Unter den Felsarten, aus welchen das grosse nordafrikanische Kettengebirge aufgebaut ist, bemerken wir nun zuerst eine Reihe jüngerer vulcanischer Vorkommnisse, welche da und dort als Inseln aus dem Meere aufragen, an einzelnen Stellen aber auch auf das Festland übergreifen.

Wir treffen zunächst, schon in einiger Entfernung vom Lande, auf die schroffe, 350 M. hohe Insel Galita und die sie begleitenden Riffe und kleineren Inseln. Mit Ausnahme einer steil aufgerichteten Scholle von dunklem Kalkstein und Schiefer besteht die ganze Insel aus Trachyt und einem dunklen, Doleritähnlichen Gesteine.[15]

Weiter gegen West liegt die Fortsetzung auf dem afrikanischen Festlande; ich erwähne die basaltischen Massen von Dellys in Kabylien. Noch weiter, westlich von Algier und der Ebene der Mtidja, greifen diese Gesteine etwas tiefer in das Land. Sie erscheinen im Gebiete von Milianah sogar in drei getrennten Zonen, deren erste am Meere bei Scherschel und an anderen Orten, die zweite am Südrande der landeinwärts folgenden ersten Kette von Bergen der Kreideformation, und die dritte, südlichste mit einer Länge von mehr als 50 Km. am Südfusse der nächsten Kette der Kreideformation, der grossen Sra Kebira, liegt.[16]

Auch in Oran treten vulcanische Gesteine auf, und zwar Trachyte und Basalte. Hier stehen sie in inniger Verbindung mit jüngeren Tertiärschichten und sogar mit einer älteren Abtheilung der quaternären Bildungen. Die Trachyte scheinen im Allgemeinen etwas älter zu sein als die Basalte.[17]

Die Insel Habibas besteht aus Mühlsteintrachyt.[18]

Noch weiter gegen West zeigen sich zu beiden Seiten des Wadi Tafna grössere Basaltmassen; in der Basaltinsel von Aïn-Temouchent, an der Grenze von Oran und Tlemcen, ergiessen sich Basaltströme über quaternäre Lagen mit Landschnecken.[19]

Die Insel Raschgoun liefert Puzzuolane und glasigen Feldspath.[20]

Auch bei Nemours treten wieder grössere Basaltmassen hervor.

Die Djafarân-Inseln, westlich von Nemours, bestehen aus Trachyt und Phonolith.[21] Auf der sehr kleinen Insel Alboran, welche weit entfernt von der Küste liegt, trifft man ein steil aufgerichtetes Stück einer geschichteten Scholle, wie es scheint von jungem sedimentären Ursprunge, und darüber eine Lage von olivinhaltiger Felsart.[22]

Es ist also auf den Inseln und längs der Küste diese Reihe jüngerer Eruptivbildungen bis weit gegen West nachweisbar.

Als eine nächste, doch etwa mit Ausnahme der kleinen Insel Plane, westlich von Oran, schon ganz dem Ufersaume des Festlandes angehörige Zone unterscheiden wir eine Reihe von Vorkommnissen älterer Felsarten, nämlich Gneiss und älteren Gra-

nit, Glimmerschiefer und Thonschiefer mit Lagen von körnigem Marmor.

Die erste Gneissmasse ist jene des Dj. Edough, westlich von Bona. Sie ist durch den Fetzara-See südwärts begrenzt. Ihr gegenüber, an der Westseite des Golfes von Stora, bestehen die ‚Sieben Caps' bei Collo aus Granit und Quarzporphyr. Die südlich folgende Schieferzone reicht vom Edough, der Küste ziemlich parallel laufend, über Philippeville, dann südlich von Collo bis gegen Djidjelli im Golf von Bougie, wo an der Küste wieder Quarzporphyr sichtbar wird.[23]

Die nächste ist die grosse kabylische Gneissmasse, westlich vom Busen von Bougie, welche mit den begleitenden älteren Schiefern das ganze Gebiet des bei Dellys mündenden Wadi Sebaou umfasst. Sie erhebt sich landeinwärts bis zur Höhe von 1420 M. und bleibt daher beträchtlich niedriger als der sie südlich umgebende und überragende gewaltige Schichtenkopf des aus Kalkstein bestehenden Djurdjura, dessen Höhen zwischen 1730 und 2517 M. schwanken. Die kabylische Gneissmasse ist stellenweise durch transgredirende, nummulitenführende Schichten verdeckt, doch bleibt sie in drei grösseren Gruppen sichtbar, deren südliche, die älteren Schiefer inbegriffen, von West nach Ost 54 Km. bei einer mittleren Breite von 16 Km. erreicht. Gegen Dellys und das Meer hin scheint sie vollständig von tertiären Ablagerungen bedeckt zu sein.[24]

Das nächste Auftauchen älterer Felsarten ist besonders bezeichnend für die Art des Einbruches der jetzt unter dem Meere begrabenen Theile dieses grossen Gebirgszuges. Sowie zwischen der Bucht von Neapel und jener von Salerno die Landzunge von Sorrent mit der Insel Capri hervorragt, zwei selbständige Einsenkungen als Horst abgrenzend, ragen östlich und westlich von der Bucht von Algier zwei Halbinseln ins Meer hinaus, im Osten Cap Matifou, im Westen die Halbinsel von Bouzaréa, und jedes dieser Vorgebirge besteht aus je einem Stücke der Schieferhülle der versunkenen Masse von Algier. So wenigstens allein kann ich die vielfach vorliegenden Darstellungen auffassen. Auf Bouzaréa ist die sichtbare Masse alter Felsarten viel bedeutender als auf Cap Matifou; man sieht hier eine Folge von granatführendem Glimmerschiefer, Talk- und Thonschiefer, mit einer mächtigen Einschaltung

von dunkelblauem Kalkstein; gneissartige Zwischenlagen und vereinzelte kleinere Granitvorkommnisse innerhalb des Schiefers, wie sie am Edough und im peloritanischen Gebirge bekannt sind, werden auch hier angetroffen. Die Lagen neigen sich bei Algier gegen Süd, und die Steilheit ihrer Neigung nimmt südwärts zu. Auf der Höhe von Bouzaréa ist das Streichen bogenförmig gekrümmt. Dieses Fragment ist südwärts durch die Ebene der Mtidja vom Kalkgebirge getrennt. [25]

Noch weiter gegen West, an der Westseite der Bucht von Mostaganem, in dem Küstensaume von Oran, erscheinen granitische Gesteine, fein gefältelte, seidenglänzende Thonschiefer, Kalkstein und galmeiführender Dolomit unter einer Gruppe von rothem Schiefer und von Quarzsandstein. Diese älteren Felsarten bilden viele Küstenpunkte westlich von Oran, ziehen sich in der Richtung der Küste fort und treten nach Bleicher in den Höhen südlich von Nemours auf. [26]

Auch weiter südlich von Nemours, gegen Oudjda, treten ältere Felsarten in längerem Zuge auf einer Antiklinale hervor, welche, der Richtung des Gebirges folgend, über die marokkanische Grenze streicht. Auch hier gibt es vereinzelte Granitvorkommnisse im Schiefer. [27] Dem östlichen Theile des Gebirges fehlen so tiefgreifende innere Aufbrüche, wie es scheint, gänzlich.

Verfolgen wir die Meeresküste, so zeigt sich auf marokkanischem Gebiete nach Coquand's mühevollen Beobachtungen Folgendes. Während die ebengenannten Gebirgsfalten von Tlemcen gegen WSW. landeinwärts fortstreichen, bleibt eine Reihe von Aufbrüchen alter Felsarten dem bogenförmig gekrümmten Meeressaume treu, ohne tiefer in das Land einzudringen. An den Vorgebirgen erscheinen die ältesten Glieder, so auf dem weit vorragenden Râs-el-Deir (Cabo tres Forcas) bei Melilla; Râs Torf (Cabo Negro) nördlich von Tetuan hat seinen Namen von dem dunklen, granatführenden Glimmerschiefer, welcher hier, begleitet von Thonschiefer und jüngeren Granitgängen, auftritt. Dieselben alten Felsarten bilden das Vorgebirge von Ceuta, welches sich vom Dj. Mousa abzweigt.

So erreichen die alten Felsarten längs des Südufers des Mittelmeeres die Strasse von Gibraltar; landwärts sind sie hier von altem

Sedimentgebirge begleitet, welches den grössten Theil der Uferstrecke von Tetuan bis durch das Rîf hinab innerhalb der eben erwähnten noch älteren Schollen zu bilden scheint, und an einer Stelle, bei Djaritz oberhalb Tetuan, hat Coquand Reste von Trilobiten, Orthoceras, Orthis u. A. in einem höheren Gliede dieser Zone getroffen. Ihr Streichen geht dabei allmälig aus ONO—WSW. in Süd-Nord über. [28]

Das nächste Gebirgsglied ist, abgesehen von vereinzelten Vorkommnissen von Kohlenkalk, welche Bleicher in Oran anführt, ein dunkelrothes Conglomerat oder rother Sandstein, in welchem man fossile Stämme angetroffen hat, und welches von Pomel für permisch gehalten, von Bleicher noch zum Carbon gezählt wird. Es erscheint dasselbe über dem Schiefer und unter dem mesozoischen Kalkgebirge im nördlichen Theile der Provinz Constantine, dann auf dem Dj. Khar, d. i. dem Löwenberge bei Oran, am Cap Falcon, über dem Schiefer des östlichen Tlemcen und an anderen Orten. Im Westen umgibt ein von Ferne sichtbarer Bogen von rothem Sandstein von Tetuan an, und wie es scheint auch durch das Rîf, die Uferzone der alten Schiefergesteine. Es ist sehr möglich, dass diese rothe permische Serie jener mächtigen rothen Schichtfolge im Süden des Landes und des hohen Atlas entspreche, welche Fritsch als ‚Wansero-Sandstein‘ bezeichnet. [29]

Ueber diesem rothgefärbten Gliede liegt das hohe Kalkgebirge. Dass ein tiefster Theil desselben wenigstens im Osten der Trias zufällt, ergibt sich trotz des Mangels an Petrefacten aus der Ueberlagerung durch den Lias; eine Anzahl von Beobachtern hat dies anerkannt. [30] Lias ist an mehreren Punkten im nördlichen Theile der Kette bekannt; jurassische Bildungen nehmen einen grösseren, jene der Kreide- und Eocänformation aber den grössten Antheil an dem Aufbaue jener gewaltigen Faltungen, aus welchen sich die südwärts durch die Niederung der Hodna und eine Reihe von Schotts getrennte Gebirgskette zusammensetzt. Ihr Streichen ist von Tunis an weithin unausgesetzt WSW., bis etwa im marokkanischen Rîf jene Beugung gegen Nord eintritt, welche wir bereits in den inneren Zonen kennen gelernt haben, und welche den Abschluss des Mittelmeeres bewirkt.

So kommt es, dass nach Coquand das Cap Spartel aus Flysch besteht, dass Desguin so wie Lenz auf der ganzen Strecke von Tanger bis Meknès und Fes nicht auf ältere Schichten als höchstens auf solche des oberen Jura gestossen sind, und dass die einzigen mesozoischen Fossilien, welche Desguin südlich von Tanger antraf, dem Horizonte der Ostrea scyphax angehören.[31]

Auf französischem Gebiete ist in der Entwirrung der Falten des Kalkgebirges bereits ganz Ausserordentliches geleistet worden, wie denn überhaupt die Entzifferung der Structur der nordafrikanischen Ketten durch französische Geologen zu den erfreulichsten Leistungen auf dem Gebiete der beschreibenden Geologie gezählt werden darf und den Betheiligten zur grössten Ehre gereicht.

Hier ist es nicht nöthig, auf die Einzelheiten des Faltenbaues einzugehen; es verdient aber erwähnt zu werden, dass nach den schönen Karten Brossard's jene Querverbindung, welche im Gebiete von Bou Saada südwestlich von der Hodna, von dem nördlich von den Sebcha's liegenden Gebirge zu dem südlichen herüberzieht, ebenfalls aus Falten zusammengesetzt ist, welche das Streichen der Hauptketten haben und quer abgesunken sind.

Mit einer Regelmässigkeit, wie man sie etwa im Juragebirge anzutreffen gewohnt ist, streichen die Falten durch das Gebirge nördlich von den Sebcha's, und an seinem Rande zeigen sich sehr junge tertiäre Schichten, welche an den Störungen theilgenommen haben.[32]

Südlich von der Zwischenebene der Sebcha's erhebt sich das gefaltete Gebirge abermals zu beträchtlichen Höhen, es ist aber in demselben keine ältere Ablagerung nachgewiesen als oberer Jura. Ueber diesem folgt Neocom, dann, etwa im Niveau des Gault, eine grosse Mächtigkeit von flyschartigem Sandstein, darüber die mittlere und obere Kreide. Das Cenoman besteht aus Gyps, Mergel und Kalkstein, die höheren Kreideglieder aus Kalkstein. Gegen Ost tritt Eocän hinzu.

Von Figuig weit im Westen an der Grenze von Marokko, bis über Laghouat hin, wo dieses Gebirge Djebel Amour heisst, endet dasselbe nach Rolland's Angaben steil und geradlinig mit nordöstlichem Streichen gegen die unermessliche Sahara; der Aussen-

rand besteht aus gegen SO. geneigten Schichten von Kreidekalkstein, dem äusseren Abfalle einer grossen Sattelfalte. Gegen Biskra ist der Umriss weniger geradlinig, der Bau des Gebirges aber derselbe.[33]

Wir erkennen demnach in den nordafrikanischen Ketten eine Anzahl von parallelen Zonen. Die erste ist die vulcanische, zum grossen Theile inselförmig aus dem Meere hervorragend, von der Insel Galita im Osten durch eine Reihe einzelner Punkte vertreten bis zu den Djafarân-Inseln in der Bucht von Melilla im Westen. Die zweite Zone, öfters in der Gestalt von Halbinseln ins Meer hervorragend, besteht aus mehr oder minder fragmentarischen Vorkommnissen von Gneiss, Granit und altem Schiefergebirge, vom Edough bis zum langen Râs-el-Deir und, der Krümmung des Ufers folgend, bis zu den Säulen des Hercules. Den Zusammenhang der einzelnen Glieder dieser Zone haben französische Geologen längst erkannt, und Pomel hat sie in einem Gesammtbilde dieses Gebirgszuges schon vor mehreren Jahren trefflich geschildert.[34] Ueber dem Schiefergebirge liegt rothes, für permisch oder carbon gehaltenes Conglomerat und rother Sandstein; dann erheben sich die schroffen, hohen Schichtenköpfe des gefalteten Kalkgebirges, welches südwärts bis zur Hodna und darüber hinaus bis zur Sahara reicht. Es wiederholt sich, südwärts gewendet, in Nordafrika der Bau des Appennin.

Auch hier ist die Zone der krystallinischen Felsarten eingebrochen bis auf wenige Reste und ist das gefaltete Gebirge landeinwärts gestaut; auch hier bezeichnen vulcanische Gesteine die Region der Einbrüche, welche auch hier, wie an der Westküste Italiens, nicht nach langen Linien, sondern in vereinzelten Kesseln erfolgt zu sein scheinen, wie die aus den Trümmern der älteren Gesteine bestehenden Vorgebirge anzeigen.

Von diesen, den Mittelmeerküsten folgenden Ketten scheint jedoch der hohe Atlas, so weit er überhaupt bekannt ist, nicht nur dem Streichen, sondern auch der Zusammensetzung nach sehr verschieden zu sein. Er entfernt sich mit westsüdwestlichem Streichen weit von dem nördlichen Gebirge, welches bei Gibraltar sich nordwärts kehrt, und erreicht im Cap Ghir die atlantische Küste.

D. Die betische Cordillere.

Im Rîf und bis zu den Säulen des Hercules schwenken die nordafrikanischen Ketten in grossen Bogen gegen Nord und führen uns nach Europa zurück.

Das südliche Spanien zerfällt in drei natürliche Gebiete; das erste ist die Region der Ketten der betischen Cordillere, welche mit ostnordöstlichem Streichen die Küste des Mittelmeeres begleiten; dann folgt das etwa in gleicher Richtung verlaufende Thal des Guadalquivir, und jenseits dieses Flusses liegt der scharf gezeichnete Südrand der grossen iberischen Meseta, welcher derselben Richtung folgt. Diese ausgedehnte Meseta, deren wichtigstes Glied im Süden die Sierra Morena ist, gleicht in der weiten Verbreitung archäischer Felsarten, der Lückenhaftigkeit der mesozoischen Serie, in dem das Streichen der Felsarten durchschneidenden Umrisse, und in der weiter im Norden hervortretenden Transgression des Cenoman ganz und gar der böhmischen Masse oder dem französischen Centralplateau, und die Sierra Morena erhebt sich gegen den äusseren Rand etwa so, wie das Mannhartgebirge in Niederösterreich.

Unsere Aufmerksamkeit ist zunächst den betischen Ketten zugewendet, und um ihren Bau zu schildern, soll derselbe Weg verfolgt werden, den ich soeben bei Besprechung des nordafrikanischen Gebirges einzuschlagen versucht habe. Auch hier wollen wir uns vom Mittelmeere her dem Festlande nähern und die einzelnen Zonen aufsuchen und verfolgen.

In dem am weitesten entgegentretenden Theile des Festlandes, dem Cabo de Gata, begegnen wir einer ziemlich ausgedehnten Kette junger vulcanischer Vorkommnisse, durch deren Eruption die südöstliche Küste der Provinz Almeria bis in die Nähe von Mojacar gebildet wurde und welche sich von da in vereinzelten Punkten nordöstlich über Vera hinaus fortsetzt.[35] Kleinere Vorkommnisse von vulcanischen Felsarten sind noch weiter gegen NO. in der Nähe der Meeresküste sichtbar, und östlich von Cartagena wird nach Botella's Darstellung das kleinere, aus altem Schiefer bestehende Felsenstück, welches im Cabo de Palos endet,

durch eine Kette vulcanischer Höhen vom Festlande getrennt. Auch die kleinen Riffe in der Lagune Mar Menor bei Cartagena bestehen aus Trachyt und Basalt.[36]

So ist also der ganze südöstliche Rand der iberischen Halbinsel von Cabo de Gata bis Cabo de Palos mit jungen vulcanischen Bildungen besetzt; mit Ausnahme der Umgebung von Lissabon ist auch kein Theil der Küste heftigeren und häufigeren Erschütterungen der Erde ausgesetzt als dieser.[37]

Dieser vulcanischen Zone folgt landeinwärts ein sehr ausgedehntes Schiefergebirge, mit geringer Entwicklung von Gneiss, hauptsächlich aus granatführendem Glimmerschiefer, Talk- und Thonschiefer und aus Lagen von krystallinischem Kalkstein zusammengesetzt. Dieses Schiefergebirge beginnt im Osten mit dem schon erwähnten Rücken zwischen Cabo de Palos und Cartagena, zeigt sich in einzelnen Aufbrüchen nördlich von dieser Stadt und setzt sich gegen SW. fort. Dann bildet dasselbe mehrere sehr grosse antiklinale Sättel, welche von ONO. gegen WSW. streichen. Der erste dieser grossen Sättel oder Aufbrüche ist die Sierra Alhamilla, der nächste, nördlich von dieser, die weite Sierra de los Filabres.[38] Es reiht sich weiter an dieselben die grösste Wölbung dieser Art, die mächtige Sierra Nevada. Auch diese besteht nach den Angaben von Ansted[39] und Drasche[40] aus einer einfachen, gegen West allmälig an Höhe zunehmenden, dann steil endigenden Antiklinale von Glimmerschiefer, Thonschiefer und altem Kalkstein. Gonzalo hat diese grosse Masse neuerdings genau beschrieben und gezeigt, wie sie gegen SW. ihre weitere Fortsetzung in der schroffen Sierra de Almijara in der Nähe der Küste findet.[41]

Zwischen dem südöstlichen Theile der Sierra Nevada und dem Meere erhebt sich aber noch die durch ihren Reichthum an Blei und Zinkerzen berühmte Sierra de Gador, westlich von Almeria, welche eine triadische Scholle ist.[42]

Es erstreckt sich nun das alte Schiefergebirge weit in die Provinz Malaga, bis endlich, begleitet von Gneiss, Granit und archäischem Schiefer, oberhalb Marbella ein grosser Serpentinstock sichtbar wird. Dieser ist nach Mac Pherson's eingehender Beschreibung gegen NO. gegabelt, nimmt auf dieser Seite Antheil

an der halbkreisförmigen Umrahmung der Hoya de Malaga und bildet gegen Südwest den ausgedehntesten, wenn auch nicht den höchsten Theil der Serranía de Ronda. Er fällt steil zum Meere ab; bei Marbella sieht man noch am Meeressaume einen schmalen verworfenen Saum von Schiefer und mesozoischen Schichten. Ein ebenfalls von Verwerfungen begleiteter Saum von stark gefalteten dolomitischen Lagen, die für paläozoisch gehalten werden, begleitet die alten Gesteine der Serranía de Ronda und westlich von Marbella, bei Manilba, enden in der Nähe des Meeresufers der Serpentin und der alte Dolomit.[43]

Hiemit ist das Gebiet der älteren Felsarten in der betischen Cordillere abgeschlossen. Niemals hat man in diesem ausgedehnten Schiefergebirge bisher organische Reste angetroffen, obwohl auf der gegenüberliegenden Meseta nahe dem Rande, z. B. in der Nähe von Alcaráz in der Provinz Murcia, von Verneuil schon vor vielen Jahren silurische Petrefacten nachgewiesen worden sind. Dieser so vielfach an alpine Vorkommnisse mahnenden Schieferzone folgt nun eine Zone von mesozoischem und eocänem Alter, welche von Verwerfungen vielfach durchschnitten und in hohem Grade gefaltet ist.

Wir betrachten zuerst die vereinzelte Kalkscholle von Gibraltar. Bei einer Untersuchung dieses Punktes haben kürzlich Ramsay und Geikie das gegenüberliegende afrikanische Ufer besucht, dort den bereits erwähnten alten Thonschiefer bei Ceuta mit westlicher Neigung angetroffen und sich von der Uebereinstimmung des Djebel Mousa oberhalb Ceuta, d. i. der zweiten Säule des Hercules, mit dem Felsen von Gibraltar in Streichen und Gestein überzeugt. Wir haben also anzunehmen, dass diese höchst wahrscheinlich jurassische Kalkzone von Afrika nach Europa herüberstreicht. Der Fels von Gibraltar selbst, welcher von einer grossen Verwerfung durchschnitten ist, streicht erst Süd — Nord und weiter gegen Nord wendet sich sein Streichen mehr und mehr gegen Nordost.[44]

Dieser Richtung folgend, erreichen wir den nördlicheren, aus mesozoischem Kalkstein und eocänen Schichten bestehenden, hoch aufgefalteten und von zahlreichen im Streichen liegenden Brüchen durchsetzten Theil der Serranía de Ronda, deren südlicher archäi-

scher oder paläozoischer Theil bereits erwähnt worden ist. Dieser Gebirgstheil ist der Gegenstand mehrerer inhaltsreicher Schriften von Mac Pherson geworden,[45] in welchen auch zum ersten Male hervorgehoben wurde, dass der ganze Gebirgszug des nördlichen Afrika nicht durch eine Bewegung der Massen gegen Nord, sondern durch eine süd- oder südostwärts gerichtete Bewegung gebildet worden sei.[46]

Die betische Cordillere ist als ein nord- oder nordwestwärts gefaltetes Gebirge anzusehen; ‚das gewaltige Phänomen der Faltung, der Brüche und der einseitigen Structur, welche die Zusammensetzung aller Sierren, welche die Cordillera Bética bilden, beherrscht, scheint mir,‘ sagt Mac Pherson, ‚einfach das Ergebniss jenes ausserordentlichen seitlichen Druckes zu sein, welcher diesen Theil der Erdrinde gegen die bereits zur Faltung unfähige Masse der centralen spanischen Meseta presste. . .‘[47]

Die Verwerfungen, welche die Serranía de Ronda durchsetzen, und welche die stark gefalteten einzelnen Streifen des Gebirges in einzelnen Fällen in sehr abnorme Stellung zu einander gebracht zu haben scheinen, können diese schon durch die Vertheilung der Felsarten im Grossen vorgezeichnete Auffassung nicht beirren. Sie enthält ihre weitere Bestätigung in den weiter gegen Nordost gesammelten Beobachtungen, insbesondere durch das von Ortuega veröffentlichte Profil über die Sierra de Abdalagis nördlich von Alora in der Provinz Malaga.[48] Diese mesozoische Zone streicht gegen ONO. über Lorca und Murcia und nördlich von diesen Städten, wenn auch mehrfach von jungtertiären Ebenen unterbrochen, fort und erreicht in der Provinz Alicante das Meer.

Den äusseren, nördlichen Saum der betischen Cordillera begleiten in den Thälern des Guadalete und des Guadalquivir zunächst heftig gefaltete tertiäre Schichten. Endlich sinken sie unter die Ebene; es folgen die Alluvien des Guadalquivir und bei Sevilla ist der steile Rand der Sierra Morena und der centralen Meseta erreicht.

Man trifft demnach in diesem Theile der iberischen Halbinsel, vom Mittelmeere landeinwärts schreitend, zuerst eine Gruppe jüngerer vulcanischer Bildungen von Cabo de Gata bis Cabo de Palos, dann eine gegen Ostnordost streichende Zone von altem

Schiefergebirge, welchen wir die Serpentinmasse der Serranía de Ronda sammt den begleitenden älteren Felsarten zuzählen und deren hervorragendstes Glied die Sierra Nevada ist. Sie reicht aus Malaga bis Cabo de Palos. Dieser Zone folgt eine Zone von mesozoischem Kalkstein und eocänen Schichten, welche vom Felsen von Gibraltar mit seinem bogenförmig gekrümmten Streichen über die nördlichen Theile der Serranía de Ronda gegen die Sagra Sierra sich fortsetzt und bis in die Provinz Alicante zieht. Ausserhalb dieser Zone liegen die gefalteten Tertiärschichten der Ebene des Guadalquivir, dann folgt der Fluss, dann die entgegenstehende Meseta.

Das ist dieselbe Reihenfolge, wie sie im nördlichen Afrika, im Appennin, in den Karpathen mit geringen örtlichen Abänderungen angetroffen wird. Die betische Kette wendet dem Mittelmeere den abgebrochenen Innenrand zu, an welchem vulcanische Eruptionen stattgefunden haben; der gefaltete Aussenrand ist gegen die Meseta gerichtet.

Ob diese Kette, wie mehrfach vermuthet worden ist, ihre Fortsetzung in den Balearen findet, wage ich trotz der vorliegenden trefflichen Studien über diese Inseln nach dem verwickelten Baue derselben nicht zu entscheiden.

E. Die Anordnung der Leitlinien.

Die weitgehende Uebereinstimmung in der Structur dieser Ketten und die eigenthümliche und wiederholte Ablenkung der Falten laden zu dem Versuche ein, absehend von allen nebensächlichen Abweichungen, in dem Verlaufe jener grossen Faltungen der Erdrinde in Südeuropa, welche unter dem Namen des Alpensystems zusammengefasst worden sind, die hauptsächlichen Streichungslinien, gleichsam die Leitlinien der Falten, aufzusuchen und zu verzeichnen.

Die nebenstehende Figur gibt hievon einen allerdings rohen und sehr schematischen Versuch.

Ein nach Nordwest convexes Bogenstück zeigt das Juragebirge; sein südliches Ende ist den Nordalpen entschieden näher

als das nordöstliche. Die Bewegung der Falten ist nach aussen gerichtet.

Die Alpen beginnen westlich von Genua; innerhalb des Juragebirges dehnt sich der Bogen ihrer Faltungen erst gegen Nord, dann mehr und mehr gegen Ost. Es sind hier mehrere concentrische Leitlinien eingezeichnet, entsprechend dem Anschaaren mehrerer Ketten in dieser Region. Die nördlichste dieser Linien wendet sich um das südliche Ende der böhmischen Masse und bildet den Bogen der Karpathen, welcher übertritt über Theile der Sudeten und der russischen Platte. Auch auf dieser Linie ist die Bewegung stets nach aussen gerichtet, erst gegen West und Nord, wie im vorliegenden Juragebirge, dann mit allmäliger Wendung aus Nord wieder mehr gegen Nordwest in Mähren, dann in



Fig. 26. Schematisirter Entwurf der Leitlinien des Alpensystems.

Galizien gegen Nord, endlich in der Moldau und der Wallachei gegen Ost und Südost.

Eine andere Leitlinie verläuft aus den Alpen längs des Plattensees gegen Nordost; das ist die Linie des ungarischen Mittelgebirges; die Bewegung ist hier gegen Nordwest gerichtet.

In Siebenbürgen verzeichnen wir innerhalb des Buges des Maros-Flusses ein Bogenstück, welches gegen Ost und Süd gewölbt ist; es ist dies der Rand des siebenbürgischen Erzgebirges. Die faltende Kraft ist auch nach aussen, d. i. gegen Ost, Südost und Süd gerichtet.

Die letzten Beobachtungen Toula's im westlichen Balkan verrathen einen so ausserordentlich verwickelten Bau, dass ich es noch nicht unternehmen kann, diese Betrachtungen auf den Balkan auszudehnen.[49]

Der Appennin scheint in der Bucht von Genua mit einer Krümmung gegen Nord zu beginnen; dann wendet sich der Gebirgszug gegen Südost; die faltende Kraft ist hier gegen Nordost gewendet.

In Sicilien ziehen wir ein Linienstück beiläufig von Ost gegen West; es entspricht jenem Gebirgsstücke dessen archäischer, mit den calabrischen Gebirgen übereinstimmender Kern in dem nordöstlichen Theile der Insel sichtbar ist; hier geht die faltende Kraft gegen Süd.

Als eine Fortsetzung dieses Bruchstückes erscheint die gegen WSW. laufende Linie des nördlichen Afrika; sie beugt sich im Westen gegen Nord. Auf dieser Linie ist die Faltung gegen Süd, dann, entsprechend der Beugung, mehr und mehr gegen West gerichtet.

Diese Beugung tritt bei den Säulen des Hercules nach Europa herüber und scheint eine volle Verbindung zwischen den Falten des nördlichen Afrika und jenen der betischen Cordillere zu vermitteln.

Die Leitlinie dieser Cordillere streicht gegen ONO.; die Faltung ist gegen NNW. gewendet.

Will man die alten Massen von der iberischen Meseta bis zur russischen Platte als Nordgrenze des Alpensystems ansehen, so ist hiemit die Reihe der langen Hauptfalten geschlossen; will man, da ja auch im Innern der besprochenen Ketten fremde Massen, wie die von Mojsisovics kürzlich betonte serbisch-croatische Masse, keineswegs zu fehlen scheinen, auch die Pyrenäen in dieser Gruppe von Gebirgszügen nennen, so erhält man noch eine lange, beiläufig von WNW. nach OSO. verlaufende Linie, in welcher die faltende Kraft nach NNO. gerichtet zu sein scheint.

Auf diese Weise ergibt sich eine Anzahl von Linien, welche auf eine sehr eigenthümliche Weise wirbelförmig angeordnet und mit Ausnahme der Pyrenäen alle in demselben Sinne gefaltet sind. Die Mitte dieses Wirbels liegt südwestlich von Genua.[50]

So lange man nur die in Europa liegenden Theile des Alpensystems betrachtet, scheinen sie allerdings mit geringen, den äussersten Theilen der Ketten angehörigen Ausnahmen nach Nordwest, Nord oder Nordost bewegt. Schon in Sicilien hat sich aber das Verhältniss geändert; die Einbeziehung der nordafrikanischen Kette ändert vollständig das Bild.

Die Art der Auffassung dieser grossen Curven bedarf allerdings noch einer Erläuterung. Bei dem stetigen Verlaufe des äusseren Umrisses der meisten dieser Ketten und den vielfachen Unterbrechungen, welche die inneren Zonen erleiden, wurde neben dem Streichen etwa der Mitte der gefalteten mesozoischen Aussenzone der äussere Umriss als Anhaltspunkt zur Verzeichnung der Curve gewählt. Darum kommt z. B. die grosse Verschiebung, welche innerhalb der Alpen vom oberen Tessin gegen Nordost sich zu vollziehen scheint, gar nicht zum Ausdrucke. Von eben so grossem Einflusse ist dies für die Linie des Appennin. Nachdem man auf Corsica durch Dieulafait die Länge der rhätischen Zone kennen gelernt und Lotti gezeigt hat, dass die Serpentine Corsica's ein eben so hohes Alter besitzen als jene der See-Alpen und Ligurien's, und dass sie vielleicht nur die Fortsetzung der alpinen Vorkommnisse seien, welche sich bis Elba und möglicherweise noch weiter bis Giglio und zum M. Argentario erstrecken könnte, hat die Ansicht Boden gefasst, dass die wahre Fortsetzung der alten calabrischen Gesteine auf Corsica zu suchen sei.[51]

Ohne weiteren Untersuchungen vorgreifen zu wollen, will ich bemerken, dass der äussere Umriss des Appennin nicht für eine solche Erklärung spricht, dass es nach den heutigen Beobachtungen vielmehr scheint, als seien hier Bruchstücke eines selbständigen, an die Innenseite des Appennin anschaarenden Gebirgszweiges vorhanden, dass aber selbst in dem Falle der Bestätigung dieser neueren Ansicht die wesentlich auf das Streichen der äusseren Zonen begründete Anlage dieser Curven hiedurch nur wenig beeinflusst würde.[52]

Um so bemerkenswerther ist aber gegenüber den Beobachtungen auf Corsica die Thatsache, dass in Sardinien die Merkmale eines ausseralpinen Landstriches immer mehr in den Vordergrund treten, wie namentlich durch Bornemann's Nachweis von

transgredirender ausseralpiner Trias in dem südwestlichen Theile der Insel, welche mir sehr an die rothen transgredirenden Schollen der iberischen Meseta zu erinnern scheint.[53]

So bleiben in diesem Theile der Mittelmeer-Region mehrere wichtige Fragen offen. —

Zwei Umstände mögen hier noch betont werden.

Der erste ist die auffallende Uebereinstimmung des westlichen Mittelmeerbeckens mit der ungarischen Ebene. Jedes dieser Gebiete liegt innerhalb des Bogens einer grossen Erdfaltung, umgeben von zahlreichen grösseren und kleineren Einbrüchen, welche mit Vulcanen besetzt sind und bald mehr, bald weniger tief in den paläozoischen, den mesozoischen Kalkgürtel oder in den Flyschgürtel eingreifen, die, bald mehr, bald weniger deutlich von einander gesondert, den gefalteten Wall zusammensetzen.

Der zweite Umstand besteht darin, dass trotz der augenscheinlichen Jugend mancher sehr grosser und allgemeiner Bewegungen dennoch dieses Gebirgssystem gewiss nicht ganz und gar einer jungen Zeit angehört. Auf den entblössten älteren Felsarten finden sich nämlich Transgressionen vor, welche in vieler Beziehung an die Transgressionen auf den Horsten des Vorlandes mahnen.

Mittlere und obere Kreide und Oligocän bezeichnen zwei Hauptstufen der Transgression im ausseralpinen Deutschland. In Kärnten und westlich von Graz liegen Kreideschichten unmittelbar auf Devon und noch älteren Gesteinen. In Kärnthen und Krain dringen oligocäne Ablagerungen von dem Alter der Schichten von Sangonini und von Castel Gomberto in das Gebiet der Triaskalke und der krystallinischen Schiefer. Am Col de Chaberton in den Cottischen Alpen liegen mitten in Gebieten, deren Felsarten für sehr alt gehalten werden, Kalksteine der Kreideformation. Bei Genua liegt eine grosse oligocäne Flyschmasse auf granitischen Gesteinen; die Kohle mit Anthracotherium magnum liegt bei Savona unter dieser Flyschdecke unmittelbar auf Granit. Die Transgressionen im östlichen Calabrien und das Uebergreifen der afrikanischen Cenomanschichten auf den Granit im nordöstlichen Sicilien habe ich bereits erwähnt. Auf die kabylische Masse greift der Flysch.

Ebenso findet man innerhalb dieser grossen Curven einzelne Strecken, auf welchen solche Transgressionen sichtbar sind. An dem inneren grossen Bruchrande der Karpathen, auf den vereinzelten Stöcken von Gneiss und Glimmerschiefer, welche im nordwestlichen Siebenbürgen, südlich von dem Trachytgebirge von Nagy-Banya, hervortreten, beginnt die Transgression mit obercretacischen Schollen.[54] In Croatien, dann bei Fünfkirchen und in mehreren Theilen des südlichen Ungarn trifft man auf eine Anzahl völlig ausseralpiner Merkmale.

Gerade diese Thatsache, das Wiedererscheinen gewisser Transgressionen innerhalb der grossen Leitlinien der Gebirgszüge und sogar auf den älteren Zonen dieser Gebirgszüge selbst, wie in Kärnthen und in Sicilien, ist von wesentlicher Bedeutung und lässt sich ohne die Vergleichung anderer Gebirgsketten nicht beurtheilen.

Die alpinen Linien sind nicht ganz ohne Parallele auf der übrigen Erdoberfläche. Die nächste Annäherung an eine solche Anordnung findet sich, so weit die heutigen Erfahrungen reichen, in der Art der Umrandung des caraibischen Meeres.

Die Leitlinien anderer grosser Gebirge sind nun aufzusuchen. Bevor jedoch dieser Versuch unternommen wird, bleibt das grosse Senkungsfeld zu betrachten, in dessen Tiefe das adriatische Meer liegt, welches mit seinen grossen gegen innen überschobenen Bruchlinien bis über den See von Idro, bis Meran und bis Idria in die Alpen hereingreift, und durch welches die Beziehungen der auf Fig. 26 nicht verzeichneten dinarischen Gebirgszüge zu den Alpen in so hohem Masse beeinflusst werden.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Anmerkungen zu Abschnitt II: Die Leitlinien des Alpensystems.

1 Gümbel, Ausflugskarten in das Tertiärgebiet von Miesbach und in den Hochgebirgsstock zwischen Tegernsee und Wendelstein; gewidmet der deutschen geol. Ges.; München, 1875.

2 K. M. Paul, Ueber die Lagerungsverhältnisse in Wieliczka; Jahrb. geol. Reichsanst., XXX, 1880, S. 688.

3 Ders. Die Petroleum- und Ozokeritvorkommnisse Ost-Galiziens; ebendas. XXXI, 1881, S. 163.

4 G. Cobalcescu, Geol. Untersuchungen im Buzeu'er Districte; Verhandl. geol. Reichsanst. 1882, S. 227—231.

5 E. v. Mojsisovics, ebendas. 1883, S. 3.

6 Verhandl. geol. Reichsanst. 1877, S. 71.

7 P. Lehmann hat im Fogarascher Gebirge nur eine gegen N. und S. abfallende Antiklinale von alten Felsarten getroffen; Beobachtungen über Tektonik und Gletscherspuren im Fogarascher Hochgebirge, Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1881, XXXIII, S. 109—117, Taf. XIV.

8 Lóczi, L., Jelentés a Hegyes-Drocsa-Hegységben tett földtani Kirándulásokról; Földtani Közlöny, 1876, 8°, Budap., S. 22, 23.

9 G. Seguenza, Breve nota int. le formazione primarie e secondarie della Prov. di Messina; Bollet. Comit. géol. d'Ital. 1871, II, p. 49, 97, 145 (vgl. Anmerk. zu I, Abschnitt II, S. 138, Note 19), und insbes. Cortese in Bollet. Comit. geol. 1882, p. 348.

10 G. G. Gemmellaro, Sul Trias della Regione occid. della Sicilia, Accad. di Lincei, 1881—82, 3° ser., XII; aus Geröllen sind auch vortriadische Cephalopoden bekannt geworden, welche solchen aus dem Sandstein von Artinsk zunächst stehen; Mojsisovics, Verhandl. geol. Reichsanst. 1822, S. 31.

11 Mottura, Appendice alla Memoria sulla Formazione terz. nella zona solfifera di Sicilia; Mem. r. Comit. geol. 1872, II, p. 5—8.

12 R. Travaglia, La sezione di Licodia-Eubea e la serie dei terr. nella regione S. E. della Sicilia, Bollet. 1880, XI, p. 250, 507; Ippol. Cafici, ebendas. p. 495.

13 An mehreren Orten, so z. B. in Coquand, Descript. géol. de la partie septentr. de l'emp. du Maroc, Bull. soc. géol., 1847, 2e sér., IV, p. 1189, und: Sur la format. crétac. de Sicile, ebendas. 1866, 2e sér., XXIII, p. 497—504.

14 A. Pomel, Le Sahara, Observ. de géol. et de géogr. phys. et biol. avec des aperçus sur l'Atlas et le Soudan; Publ. de la soc. de climat. d'Alger, 1872, p. 32; G. Stache, Geol. Touren in der Regentschaft Tunis, Verhandl. geol. Reichsanst. 1876, S. 34—38; Tchihatcheff, Espagne, Algérie et Tunisie, 8°, Paris, 1880, p. 495.

15 Ich folge hier der Darstellung von Vélain, Constit. géol. des îles voisines du litoral de l'Afrique, du Maroc à la Tunisie, Comptes rend. 1874, t. 78, p. 73. Renvu hat vor längerer Zeit eine geol. Karte der Insel veröffentlicht und die porphyrartigen Varietäten des Trachytes für Granit angesehen; Explor. scientif. de l'Algérie, 4°, 1848, Géologie, p. 61, pl. II. Auch Issel hat auf Galita Granit verzeichnet und betrachtet die Insel als eine Fortsetzung Sardinien's; Ann. Mus. civ., Genova 1879—80, XV, p. 250.

16 A. Pomel, Descript. et Carte géol. du Massif de Milianah; Soc. de Climatol. Algérienne, 1872, p. 130—138.

17 Bleicher, Rech. sur l'origine des éléments litholog. de terr. tert. et quat. des env. d'Oran, Comptes rend. 1874, t. 78, p. 700, und: Note sur la géol. des environs d'Oran, Bull. soc. géol. 1875, 3e sér., III, p. 187—195.

18 Vélain, a. ang. Orte p. 72.

19 Pouyanne, Notice géol. sur la subdivis. de Tlemcen; Ann. des Mines, 1877, 7e sér., XII, p. 138.

20 Vélain, a. ang. Orte p. 71, und: Sur un feldspath orthose vitreux des pouzzolanes de l'île Rachgoün, Comptes rend. 1874, t. 79, p. 250.

21 Vélain, a. ang. Orte.

22 F. M. Dávila, Isla de Alboran; Boletin de la Comis. de Mápa géol. d'Esp., 1876, III, p. 177—179.

23 Eine höchst ausführliche Schilderung des Edough hat Coquand geliefert; Descr. géol. de la prov. de Constantine, Mém. soc. géol. 1854, 2e sér., V, p. 12 u. folg.; die Schieferzone bei L. Hardouin, Sur la géol. de la subdiv. de Constantine, Bull. soc. géol. 1868, 2e sér., XXV, p. 328, pl. V; auch Parrant, Carte géol. du dep. de Constantine par Tissot, ebendas. 1882, 3e sér., X, p. 299—306.

24 A. Péron, Sur la constit. géol. des Montagnes de la grande Kabylie. — Sur les roches du massif d'Alger et d'autres points du littoral afric., Bull. soc. géol. 1867, 2e sér., t. XXIV, p. 627—652; Note von P. Marès, ebendas. 1867, 2e sér., t. XXV, p. 135, und insbes. L. Ville, Etudes géol. faites dans la Kabylie, ebendas. t. XXV, p. 251—276, pl. III.

25 Renou, Descr. géol. de l'Alg., p. 66—74; Profil des Vorgebirges, pl. III, Fig. 22; P. Marès in Bull. soc. géol. 1861, p. 365—368 u. a. and. Ort. — Cap Matifou hat kürzlich Tchihatcheff etwas ausführlicher besprochen in: Espagne, Algérie et Tunisie, p. 206 u. folg.

26 Pouyanne, Tlemcen, p. 84, 135.

27 Bleicher, Récherches sur les terr. antérieurs au jurassique dans la prov. d'Oran; Bull. soc. géol. 1880, 3e sér., VIII, p. 303—309. Hier scheint es auch, z. B. bei Nedroma, an der Strasse SO. von Nemours, nicht an Contacterscheinungen zwischen Granit und Schiefer zu fehlen; Chiastolith- und Andalusit-führende Schiefer treten in diesem Gebiete auf.

28 H. Coquand, Descr. géol. de la partie septentr. de l'empire du Maroc, Bull. soc. géol. 1847, 2e sér., t. IV, p. 1198—1205. Lenz hat kürzlich Thonglimmerschiefer bei Ceuta erwähnt; Mittheil. der afrikan. Ges. 1880, II, S. 76.

29 v. Fritsch, Ueber die geol. Verhältnisse von Marokko; Zeitschr. ges. Naturwiss. 1881, 3. Ser., VI, S. 204.

30 Z. B. Coquand, Prov. de Constantine, p. 44—60; Maroc, p. 1218.

31 Mourlon, Esquisse géol. sur le Maroc, 18 pp., aus dem Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 1870, 2e sér., t. XXX (nach Aufsammlungen von Desguin); Bleicher, Sur la géol. des régions comprises entre Tanger, el Araich et Meknès, Comptes rend. 1874, t. 78, p. 1712—1716.

32 Brossard, Constit. phys. et géol. de la subdivis. de Setif, Mém. soc. géol., 2e sér., VIII, p. 271, pl. XX für den Südrand im Setif, namentlich in der Niederung von Zahrez; für westliche Strecken im Gebiete des Nahr Uassal: Bourguignat, Etudes géol. et paléont. des Hauts Plateaux de l'Atlas entre Boghar et Tiharet, 4o, Paris, 1868, wo p. 33 sogar eine flache Sattelwölbung beschrieben wird, an welcher quaternäre Schichten theilnehmen sollen.

33 G. Rolland, Sur le terr. crét. du Sahara septentrional, Bull. soc. géol. 1881, 3e sér., IX, p. 510—515; für den Südrand des Aoures-Gebirges: Dubocq, Mém. sur la constit. géol. des Zibân et de l'Ouad R'ir, Ann. des Mines, 1852, 5e sér., II, p. 249—330, und für den westlich folgenden Theil bis weit in die Wüste hinaus: Ville, Explor. géol. du Beni Mzab, du Sahara et de la rég. des steppes de la Prov. d'Alger, 4o, Paris, 1867.

34 Coquand, Constantine, p. 43 u. a. and. Ort.; Pomel, Le Sahara, p. 26.

35 F. M. Donayre, Datos para una Reseña física y geológica de la region S. E. de la Prov. de Almeria; Boletin de la Comision del Mápa geol. de España, 1877, IV, p. 16—31.

36 Fed. de Botella y de Hornos, Descripc. Geol. Min. de las Provincias de Murcia y Albacete, Fol., Madrid, 1868; Specialkarte von Cartagena, p. 43.

37 Es reicht hin, an das Erdbeben vom 10. Juni 1863 zu erinnern, welches das Thal des Almanzora-Flusses erschütterte und welchem lange Unruhe folgte; C. de Prado, in Perrey, Tremblem. de terre en 1863, p. 139, 172 u. folg.

38 Donayre, a. ang. Orte p. 31—50; L. N. Monreal, Apuntes fís. geol. referentes a la Zona central de la Prov. de Almeria; Bolet. 1878, V, p. 54—76.

39 D. T. Ansted, On the Geol. of Malaga and the Southern Part of Andalusia; Quart. Journ. geol. Soc. 1859, XV, p. 588.

40 R. v. Drasche, Geol. Skizze des Hochgebirgstheiles der Sierra Nevada; Jahrb. geol. Reichsanst. 1879, XXIX, S. 93—111.

41 D. Joaq. Gonzalo y Tarin, Reseña fís. y geol. de la Prov. de Granada; Bolet. Com. Mapa geol. 1881, VIII, insbes. p. 13 u. folg., lam. A.

42 Ders.: Edad geol. de las Calizas metalif. de la Sierra de Gador; ebendas. 1882, IX, p. 97—111.

43 J. Mac Pherson, Relacion entre las formas orográficas y la Constitución geol. de la Serranía de Ronda, 8°, Madrid, 1881, 34 pp. und Karte.

44 A. C. Ramsay und J. Geikie, On the Geol. of Gibraltar; Quart. Journ. geol. Soc. 1878, XXXIV, p. 513. Nach dem Vorkommen einer für Rhynchonella concinna gehaltenen Art wird der Kalk von Gibraltar zum Jura gerechnet. Die im Westen auflagernden Schiefer und Sandsteine von S. Roque und Algesiras, welche auch in der grossen Verwerfung im Fels von Gibraltar erscheinen, bilden wohl die Fortsetzung der unteren Kreide und des Flysch der Gegend von Tanger.

45 Mac Pherson, Breve Noticia acerca de la especial Estructura de la Peninsula Ibérica, aus den Ann. de la Soc. Esp. de Hist. Nat. 1879, VIII, 26 pp.; Estudio geol. y petrogr. del Norte de la Prov. de Sevilla, Bolet. Com. Mápa geol. 1879, VI, insbes. p. 156—172; Uniclinal Structure of the Iberian Peninsula; Ann. de la Soc. Hist. Nat. 1880, IX, vgl. auch Anm. 43.

46 Mac Pherson, Uniclin. Structure, p. 24, 25.

47 Mac Pherson, Sevilla, p. 171.

48 Dom. de Orueta, Bosquejo fís. geol. de la region septentr. de la Prov. de Málaga; Bolet. Com. Mápa geol. 1877, IV, lam. D.

49 F. Toula, Grundlinien der Geol. des westlichen Balkan; Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, 1881, XLIV b, S. 1—56, Taf. I—IV und Karte.

50 H. Habenicht, Die Grundzüge im geol. Baue Europa's, 8°, Gotha, 1881, mag hier darum erwähnt werden, weil in dieser Schrift (Carton 3) der erste mir bekannte, wenn auch mangelhafte und insbesondere durch irrige Auffassung des Appennin beirrte Versuch einer kartographischen Darstellung der Faltungslinien des Alpensystems enthalten ist.

51 Hollande, Géol. de la Corse, Ann. des Sciences géol., 1877, IX, Art. 2, 114 pp., pl. VIII—XII; Dieulafait, Serpentines de la Corse, leur âge et leur origine, Comptes rend. 1880, t. 91, p. 1000—1003; H. Reusch, Note sur la Géol. de la Corse, Bull. soc. géol. 1882, 3e sér., XI, p. 56—67; B. Lotti, Appunti geol. sulla Corsica, Bollet. Comit. geol. 1883, 2° ser., IV, p. 65—73.

52 C. J. Forsyth-Major, Die Tyrrhenis; Zeitschr. Kosmos, 1883, VII, S. 104.

53 G. Bornemann, Sul Trias nella parte merid. dell' isola di Sardegna; Bollet. Comit. geol. 1881, 2° ser., II, p. 267—275, 2 Taf.

54 C. Hofmann, Bericht über die im Sommer 1882 im südöstl. Theile des Szathmárer Comitates ausgeführten geol. Specialaufnahmen; Földt. Közlöny, 1883, XIII, S. 106.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Suess, Eduard

Das Antlitz der Erde

Bd.: [1,]1

Wien [u.a.] (1883)

4 Geo.u. 106-1,a
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11485446-1